मनोविकास प्रकाशन

पृथ्वीवरील सर्वच जीवन सूर्याच्या
अस्तित्वावरच अवलंबून आहे.
सूर्यापासून आपल्याला ऊर्जा आणि
उष्णता अब्जावधी वर्षांपासून मिळत आहे
आणि आणखी अब्जावधी वर्षे
ती तशीच मिळणार आहे.
आकाशातील हा चमकणारा गोळा
कशापासून बनला असेल?
सूर्यावरील या अविरत ऊर्जेचा स्रोत काय असेल?
ती संपत कशी नाही?
या व अशा अनेक प्रश्नांची उत्तरे
मिळविण्याच्या शास्त्रज्ञांच्या
विस्मयजनक प्रयत्नांची ही कथा आहे.
केवळ पृथ्वीवर पोचणाऱ्या सूर्यकिरणांचा
अभ्यास करून सूर्याच्या अंतरंगाचे
ज्ञान मिळविण्याचा शास्त्रज्ञांचा हा प्रवास
अचंबित करणारा आहे.
असिमॉव्ह यांनी आपल्या नेहमीच्या
रंजक शैलीत हा विषय
सोपा करून उलगडून दाखविला आहे.

शोधांच्या कथा

सूर्यप्रकाश

आयझॅक आसिमॉव्ह

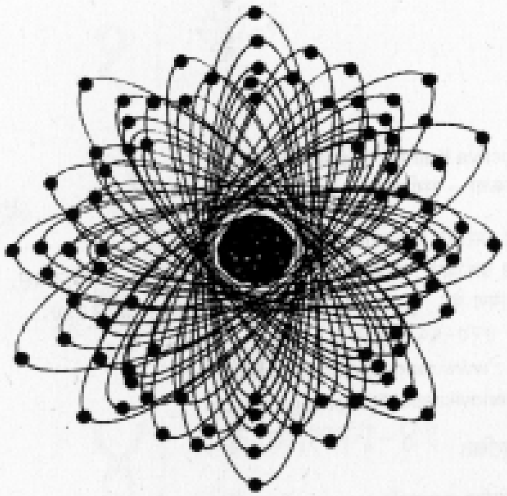
अनुवाद-सुजाता गोडबोले

शोधांच्या कथा

सूर्यप्रकाश

आयझॅक आसिमोव्ह

अनुवाद : सुजाता गोडबोले



मनोविकास प्रकाशन

Shodhanchya Katha - Suryaprakash
शोधांच्या कथा - सूर्यप्रकाश

प्रकाशक । अरविंद घन:श्याम पाटकर
मनोविकास प्रकाशन, सदनिका क्र. ३/अ, चौथा मजला, शक्ती टॉवर्स,
६७२, नारायण पेठ, नू. म. वि. समोरील गल्ली, पुणे - ४११०३०.
दूरध्वनी : ०२०-६५२६२९५०
Website : www.manovikasprakashan.com
Email : manovikaspublication@gmail.com

© हक्क सुरक्षित

मुखपृष्ठ । गिरीश सहस्त्रबुद्धे अक्षरजुळणी । गणराज उद्योग, पुणे.
मुद्रक । बालाजी एन्टरप्रायजेस, पुणे. प्रथमावृत्ती । ११ जून २०१२
ISBN : 978-93-81636-90-9

मूल्य । रुपये ३५

अनुक्रमणिका

१ | सूर्य-५
२ | ऊर्जा-१७
३ | वय आणि वस्तुमान-२९
४ | किरणोत्सर्ग-४१
५ | एकत्रीकरण-४७

१ | सूर्य

मनुष्यप्राण्यांना पहिल्यापासूनच सूर्याची माहिती आहे आणि त्याबद्दल ते कृतज्ञही आहेत. रात्रीचा अंधार व थंडी यानंतर सकाळचे सूर्याचे दर्शन हवेसेच असते.

मध्यान्हीच्या वेळीदेखील सूर्य क्षितिजाजवळ असला की हिवाळा असतो. हिवाळ्यातील थंडी व अंधार यानंतर सूर्य हळूहळू आकाशात वर चढू लागला आहे हे समजले, की किती बरे वाटते! कारण वसंत ऋतू जवळ येत चालल्याची आपल्याला चाहूल लागते.

इतिहासाच्या अगदी सुरुवातीच्या काळातच माणसाला समजून चुकले असणार, की जर सूर्य आकाशात तळपलाच नाही, तर सर्व काही थंड व अंधारेच राहील, काहीच वाढणार नाही आणि जीवन संपुष्टातच येईल. कधी कधी चंद्र सूर्यासमोरून जाताना सूर्याला ग्रहण लागते आणि दिवसाही अंधार होतो. प्राचीन काळी, आता सूर्य नाहीसाच झाला आहे, असे लोकांना वाटे आणि चंद्र दूर होऊन सूर्य परत दिसायला लागेपर्यंत त्यांना भीतीच वाटे.

अशी ग्रहणे काही नेहमी होत नाहीत; आणि जेव्हा ती होतात तेव्हा ती थोडा वेळच टिकतात. हा एकच अपवाद सोडल्यास, सूर्य रोज सकाळी उगवतो आणि जगाला प्रकाश व ऊब देतो. कधी कधी तो ढगांमागे लपतो. अर्थात, तरीही त्याचा प्रकाश व उष्णता आपल्यापर्यंत पोचतेच. दिवस कितीही ढगाळ असला, तरी तो रात्रीसारखा थंड व अंधारा कधीच नसतो.

सूर्य इतका महत्त्वाचा आहे, की इतिहासाच्या सुरुवातीच्या काळात त्याला देवच मानत असत. इसवी सनापूर्वी १३७० च्या सुमारास इखनातन नावाच्या इजिप्तच्या राजाने, सूर्य हा एकुलता

एक देव आहे, असे जाहीर केले आणि आपल्या राज्यातील सर्व लोकांना त्याची उपासना करायला लावण्याचा प्रयत्न केला.

जीवन संपुष्टात येण्यासाठी सूर्याने पूर्णपणे नाहीसे होण्याची आवश्यकता नाही. सूर्य थोडासा जरी मंद झाला, तरी पृथ्वीवर कायमचा हिवाळा होईल आणि सर्व जीवनाचा अंत येईल. तसेच सूर्य जर थोडा अधिक तळपू लागला, तरीदेखील पृथ्वी अतिशय गरम होईल आणि सर्व जीवन नाहीसे होईल. सूर्य जर काही काळ मंद झाला आणि इतर काही वेळा अधिक तळपू लागला, तर पृथ्वीवरील हवामानात अतिरेकी बदल होतील व अखेर सर्व जीवन नाश पावेल.

परंतु यापैकी काहीच घडत नाही. पृथ्वीवर मानव असल्यापासून दररोज सूर्य आकाशात नेहमीप्रमाणेच प्रकाशत होता, आणि हे वर्षानुवर्षे, शतकानुशतके चालूच आहे. अर्थात, काही ठिकाणे इतर ठिकाणांहून अधिक थंड असतात - वर्षातील काही महिने अधिक थंड असतात - पण हे बदल काही फार मोठे नसतात व जीवन नेहमीप्रमाणेच चालू राहते.

सूर्य आकाशात असतो आणि तो प्रकाशत असतो हे आतापर्यंत बहुतेक लोकांनी गृहीतच धरलेले असते. तो उगवतो व मावळतो, आकाशात वर चढतो व खाली उतरतो, असे निरंतर चालूच असते म्हणूनच दिवस-रात्र आणि उन्हाळा-हिवाळा होतो. ते तसेच घडायचे असते.

कोणत्या तरी देवांनी आपल्याला ऊब आणि प्रकाश मिळावा यासाठीच सूर्याची निर्मिती केली आहे, अशीच बहुतेक लोकांची कल्पना होती. देव आपल्याहून अधिक शहाणे व ज्ञानी असल्याने त्यांनी दिवस-रात्र, उन्हाळा-हिवाळा अशी रचना केली असल्याने त्यांना याबाबत जाब विचारण्याचा प्रश्नच उद्भवत नव्हता.

इखनातन व राणी सूर्याची उपासना करताना.

तरीही काही लोकांना याबद्दल शंका उपस्थित करावी असे वाटले. उदाहरणार्थ, सूर्य कशापासून बनला असावा, असा त्यांना प्रश्न पडला.

सूर्य केवळ प्रकाशाचा गोळा असावा असा दिसतो. एखादा चेंडू दगडाचा, लोखंडाचा किंवा रबराचा असेल अशी आपण कल्पना करू शकतो. या पदार्थाला आपण हात लावू शकतो व तो पदार्थ आपल्याला जाणवतो; पण प्रकाशाचा गोळा मात्र याहून वेगळा असणार. प्रकाश हे काही असे द्रव्य किंवा पदार्थ नव्हे, की त्याला आपण हात लावून पाहू शकू. सूर्य जर आकाशातील प्रकाशाचा गोळा असेल आणि त्याचा प्रकाश सर्वत्र पोचत असेल, तर ती काहीतरी वेगळीच, विशेष गोष्ट असणार.

कदाचित काही दृष्टींने तो विशेष वाटणार नाही. माणसेदेखील प्रकाशाचे छोटेसे चेंडू बनवतातच की! एखादी शेकोटी पेटवली की त्यातील ज्वाळांमधून सूर्यासारखाच उजेड व उष्णता मिळते. रात्रीच्या वेळी सूर्य नसताना उजेड आणि ऊब मिळण्यासाठी आपण शेकोटी पेटवण्याची शक्यता असते. हिवाळ्यात खूप थंडी असताना कदाचित ऊब मिळण्यासाठी अशी शेकोटी आपण दिवसभरदेखील ठेवतो.

नाहीतर आपण एखादी मेणबत्ती किंवा तेलाचा दिवा पेटवतो. त्यातून लहानशीच ज्वाला निघते. थंडीत तिच्यामुळे उष्णता मिळणार नाही; पण अंधारात दिसण्यासाठी तेवढा उजेड पुरेसा होतो.

अर्थात, आकाशातला सूर्य आणि पृथ्वीवर माणसाने पेटवलेली शेकोटी यांत बराच फरक आहे. एक म्हणजे, सूर्य एका गोल चेंडूसारखा आहे आणि तो कधीच बदलत नाही; पण पृथ्वीवरच्या अग्नीला निश्चित असा काही आकार नसतो. आपल्या अग्नीतील ज्वाळा लहान-मोठ्या होतात, त्या चमकतात, बदलतात.

याहूनही एक अधिक महत्त्वाचा फरक आहे. पृथ्वीवरील अग्नी तात्पुरता असतो. लाकूड, मेण अगर तेल असे काहीतरी जळण

त्यात घालून तो पेटवलेला असतो. हे जळण संपले, की आग विझून जाते. आग जळत ठेवण्यासाठी त्यात सारखे सरपण घालावे लागते, शेकोटीत आणखी एखादा लाकडाचा ओंडका टाकावा लागतो.

सूर्य तसा मुळीच नाही. तो अखंडपणे प्रकाशतच असतो, कधीच संपत नाही.

मग कदाचित पृथ्वीवरील आणि आकाशातील निसर्गाचे नियम निराळे असतील. ॲरिस्टॉटल (इ. स. पूर्व ३८४-३२२) या प्राचीन ग्रीक शास्त्रज्ञाचे असेच मत होते.

पृथ्वीवरील सर्व पदार्थ कायम बदलतात व नष्ट होतात, असे त्याचे मत होते. याच कारणाने पृथ्वीवरील अग्नी जास्त वेळ टिकत नसेल. ज्वाळा चमकतात व बदलतात, सरपण संपते आणि अग्नी विझून जातो.

ॲरिस्टॉटलने असा निष्कर्ष काढला, की आकाशातील वस्तू न बदलणाऱ्या अशा परिपूर्ण पदार्थांच्या बनलेल्या असतात, पृथ्वीवर तसे काहीच नसते. या आकाशातील पदार्थाला त्याने नाव दिले 'इथर'. या ग्रीक शब्दाचा अर्थ आहे 'चमकणारे'. त्याचा असा समज होता, की इथरमध्ये कायम टिकणारी एक प्रकारची चमक किंवा प्रकाश असतो.

ॲरिस्टॉटलच्या मते सूर्य म्हणजे इथरचा चेंडू होता व कायम तळपत राहण्यासाठी त्याला जळणाची आवश्यकता नव्हती.

पण ॲरिस्टॉट्लची ही कल्पना योग्य होती का? आकाशातील वस्तू पृथ्वीवरील वस्तूंपेक्षा पूर्णपणे निराळ्या होत्या का? आकाशात चमकणाऱ्या इतरही वस्तू होत्या, पण त्या काही कायम चमकत नसत. वीज चमकते आणि नाहीशी होते. कधीतरी उल्का आकाशात थोडा वेळच दिसतात आणि मग दिसेनाशा होतात. धूमकेतूदेखील

उल्का

येतात व जातात. पण या सर्व वस्तू हवेतल्या आहेत आणि आकाशातल्या नाहीत, असे ॲरिस्टॉटल मानत असे.

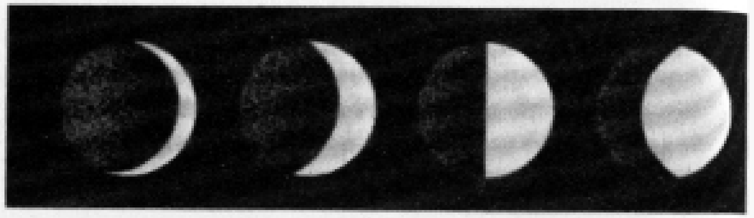
मग चंद्राचे काय? त्याचा आकार सारखाच बदलत असतो. कधी तो संपूर्ण गोलाकार असतो, तर कधी एका बाजूने चेपलेला, कधी अर्धगोल तर कधी नुसतीच नाजूक कोर.

आकारातील हे बदल किंवा 'चंद्राच्या कला' दिसण्याचे कारण म्हणजे, चंद्राचा अर्धाच भाग सूर्याने प्रकाशित होतो हे आहे, असे लोकांच्या लवकरच लक्षात आले. पृथ्वीप्रमाणेच चंद्राचीही एक बाजू दिवसाची व एक रात्रीची होती. आपल्याकडे असणाऱ्या चंद्राच्या केवढ्या बाजूवर सूर्यप्रकाश येतो यावर आपल्याला दिसणारा चंद्राचा आकार अवलंबून असतो. दुसऱ्या शब्दात सांगायचे तर, पृथ्वीप्रमाणेच चंद्रालादेखील स्वत:चा प्रकाश नाही. चंद्र काही ॲरिस्टॉटलच्या 'इथर'चा बनला नव्हता.

१६०९ साली गॅलिलिओ (१५६४-१६४२) या इटालियन शास्त्रज्ञाने एक लहान दुर्बीण तयार केली. दुर्बिणीतून पाहिले असता लहान वस्तू मोठ्या दिसतात व मंद गोष्टी तेजस्वी. गॅलिलिओने आपली दुर्बीण आकाशाकडे वळवून चंद्राकडे पाहिल्यावर त्यातून त्याला साध्या डोळ्यांनी दिसतो त्यापेक्षा चंद्र अधिक मोठा व स्पष्ट दिसला. दुर्बिणीतून त्याला चंद्रावर पर्वत व पठारे दिसली. पृथ्वीसारखेच हे एक जग होते.

नंतर दुर्बिणीतून शुक्र या ग्रहाकडे पाहिले असता, त्याच्यादेखील चंद्राप्रमाणेच कला असतात असे त्याला दिसून आले. सूर्यप्रकाश परावर्तित झाल्यानेच चमकणारी ही आणखी एक वस्तू होती. सर्वच ग्रह स्वत:चा प्रकाश नसणारे होते व ॲरिस्टॉटलच्या 'इथर'चे बनले नव्हते.

तरीही सूर्य स्वत:हून प्रकाशत होता. मग तो 'इथर'चा बनला असेल का?



प्रतिपदा वाढत्या कला

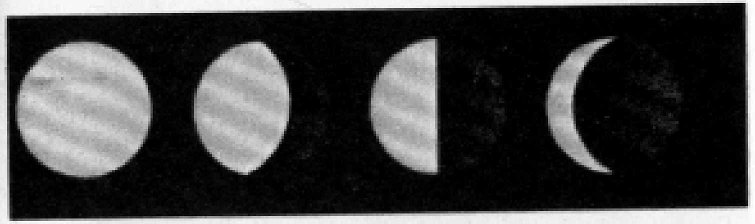
चंद्राच्या कला

तसे असल्यास, तो पूर्णपणे स्वच्छ व काही डाग नसलेला असायला हवा; पण तो तसा नाही हे गॅलिलिओने दाखवून दिले. त्याच्या दुर्बिणीच्या साहाय्याने त्याला सूर्यावर काही काळे डाग दिसत होते (सौरडाग). त्यांचे निरीक्षण करून सूर्य आपल्या आसाभोवती फिरतो व २६ दिवसांत एक प्रदक्षिणा पूर्ण करतो, असे त्याच्या लक्षात आले.

सूर्यदेखील अमूर्त प्रकाशाचा नसून एखाद्या पदार्थद्रव्याचा (मॅटर) बनला असेल का? गॅलिलिओच्या काळापासून लोकांना अशी शंका येऊ लागली.

सुरुवातीच्या काळात सूर्य पृथ्वीभोवती फिरतो, असेच लोकांना वाटत असे, कारण ते तसेच दिसते. तथापि, निकोलस कोपर्निकस (१४७३-१५४३) या पोलिश खगोलशास्त्रज्ञाने एक पुस्तक प्रसिद्ध केले होते व त्यात, पृथ्वी सूर्याभोवती फिरत असावी, या त्याच्या मताबाबतची कारणे दिली होती.

गॅलिलिओच्या काळापर्यंत बहुतेक खगोलशास्त्रज्ञांचे असेच मत झाले होते, यामुळे सूर्य अधिकच महत्त्वाचा वाटू लागला होता. खगोलशास्त्रज्ञांना त्याच्यासंबंधी अधिक माहिती मिळवण्याची उत्कंठा निर्माण झाली.



पौर्णिमा कमी होत जाणाऱ्या कला

चंद्राच्या कला

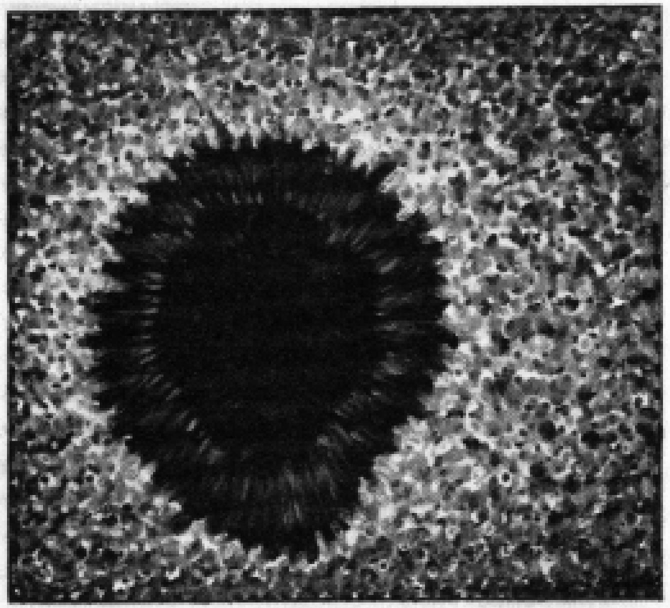
उदाहरणार्थ, सूर्य पृथ्वीपासून किती दूर होता? प्राचीन ग्रीक लोकांनीदेखील याचा विचार केला होता; पण हे मोजमाप करण्यासारखी नाजूक यंत्रसामग्री त्यांच्याकडे नव्हती. दुर्बिणीच्या शोधानंतर हे थोडे सोपे झाले.

१६७२ साली, जिओव्हानी डॉमेनिको कॅसिनी (१६२५-१७१२) या इटालियन-फ्रेंच खगोलशास्त्रज्ञाने पृथ्वीपासून सूर्याच्या अंतराचे बऱ्याच अंशी अचूक असे पहिले मोजमाप केले. कोणाच्याही कल्पनेपेक्षा सूर्य खूपच अधिक दूर होता.

सूर्य पृथ्वीपासून ९,२९,००,००० (९ कोटी २९ लक्ष) मैलांवर आहे हे आता आपल्याला माहीत आहे. इतक्या दूर असूनही आकाशात इतका मोठा दिसण्यासाठी तो खरोखरच प्रचंड असला पाहिजे.

पृथ्वीदेखील एक ७,९०० मैल रुंदीचा पदार्थद्रव्याचा एक गोळा आहे; परंतु सूर्य हा ८,६५,००० मैल रुंदीचा गोळा आहे, म्हणजे त्याची रुंदी पृथ्वीच्या १०९ पट आहे.

१६८७ साली आयझॅक न्यूटन (१६४२-१७२७) या इंग्रज शास्त्रज्ञाने गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमाचे गणिती सिद्धान्त तयार केले. त्याच्या वापराने त्याने एक महत्त्वाचे गणित मांडले. पृथ्वी जर सूर्यापासून ९ कोटी २९ लाख मैल अंतरावर असेल आणि तिला

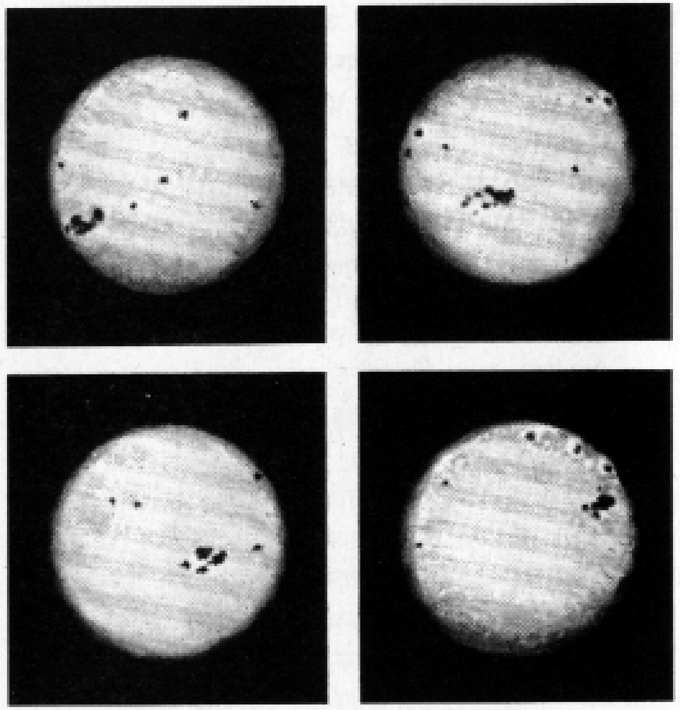


सौरडाग

सूर्याभोवती एक प्रदक्षिणा करण्यास जर एक वर्ष लागत असेल, तर सूर्याचे वस्तुमान पृथ्वीच्या वस्तुमानाच्या ३,३२,९०० पट असावे लागेल.

आता मात्र सूर्याकडे एक अमूर्त प्रकाशाचा चमकणारा गोळा या दृष्टीने पाहणे शक्य नव्हते. सूर्यही पदार्थद्रव्याचा (मॅटर) बनला होता आणि तेही खूप मोठ्या प्रमाणावरील पदार्थद्रव्याचा!

शिवाय न्यूटनच्या गणिताप्रमाणे गुरुत्वाकर्षणाचा प्रभाव जसा पृथ्वीवर होता तसाच तो आकाशातही होता, हे यामुळे सिद्ध झाले. या वेळेपासून, आकाशातील व पृथ्वीवरील निसर्गनियम निराळे होते हे ॲरिस्टॉटलचे मत चुकीचे होते, याबाबत शास्त्रज्ञांची खात्री



सौरडागांमुळे दिसणारी सूर्याची ७ दिवसांची प्रदक्षिणा

पटली. विश्वात सर्वत्र निसर्गाचे नियम सारखेच असतात, असे शास्त्रज्ञांनी ठरवून टाकले.

तसे असल्यास, शास्त्रज्ञांपुढे आता एक महत्त्वाची समस्या होती. पृथ्वीवरील काहीच आपण होऊन प्रकाश देत नसे आणि कायम तर नाहीच नाही. मग, निसर्गाचे तेच नियम लागू असणारा सूर्य कसा काय प्रकाश देत असेल आणि तेही इतिहासाच्या सुरुवातीपासून आजतागायत?

अर्थात, सूर्य जरी पदार्थद्रव्याचा बनला असला, तरी पृथ्वीवरील

व्याहून हे द्रव्य पूर्णत: वेगळे असेल असे मानणे शक्य होते. कदाचित प्रकाश देणे व तो कायम देत राहणे हा सूर्याच्या द्रव्याचा थायिभाव असेल. कदाचित हे द्रव्य जर पृथ्वीवर असेल, तर ते थ्वीवरदेखील असा प्रकाश देऊ शकेल.

तरीही, अभ्यास करण्यासाठी सूर्यावरील द्रव्याचा नमुना मेळवणे अशक्यच होते. त्यामुळे सूर्य कशाने प्रकाशित झाला गाहे हे आपल्याला कधीच समजणार नाही, असे न्यूटनच्या काळी ोकांना वाटणे साहजिकच होते.

२ ऊर्जा

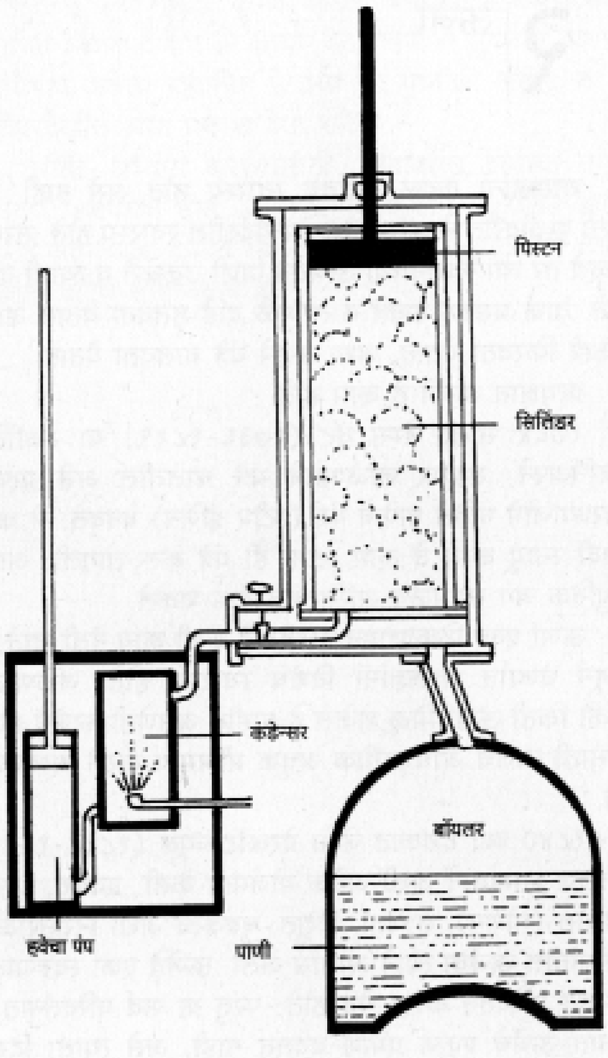
शास्त्रज्ञांना केवळ सूर्यातच स्वारस्य होते असे नाही, तर त्यांना पृथ्वीवरील नेहमीच्या अग्निमध्येदेखील स्वारस्य होते. सरपण जाळले तर त्या ज्वलनाच्या उष्णतेने पाणी उकळते व त्याची वाफ बनते. वाफ प्रसरण पावते व त्यामुळे दांडे हलवता येतात आणि चाकेही फिरवता येतात. अशा तऱ्हेने यंत्रे चालवता येतात.

प्रत्यक्षात ऊर्जेने हे काम होते.

१७६४ साली जेम्स वॅट (१७३६-१८१९) या स्कॉटिश इंजिनिअरने, सरपण जाळण्याने यंत्रे चालतील असे प्रत्यक्ष वापरण्याजोगे पहिले वाफेचे यंत्र (स्टीम इंजिन) बनवले. जे काम मानवी स्नायू करत ते काम आता ही यंत्रे करू लागली; आणि आधुनिक जग त्यामुळेच अस्तित्वात येऊ शकले.

ऊर्जा एका ठिकाणाहून दुसरीकडे कशी काय नेली जाते, हे जाणून घेण्यात शास्त्रज्ञांना विशेष स्वारस्य होते. जळणातून नेमकी किती ऊर्जा मिळू शकेल हे माहीत असणेही गरजेचे होते. त्यासाठी ऊर्जेचे अधिकाधिक अचूक मोजमाप करणे आवश्यक होते.

१८४० च्या दशकात जेम्स प्रेस्कॉट ज्यूल (१८१८-१८८९) या इंग्रज शास्त्रज्ञाने अशी अनेक मोजमापे केली. प्रकाश, ध्वनी, हालचाल (मोशन), उष्णता, विद्युत, चुंबकत्व अशा निरनिराळ्या स्वरूपांतील ऊर्जेचा त्याने अभ्यास केला. ऊर्जेचे एका स्वरूपातून दुसऱ्यात परिवर्तन करता येत होते; परंतु या सर्व परिवर्तनात व वहनात ऊर्जेचे एकूण प्रमाण बदलत नाही, असे त्याला दिसून आले.



जेम्स वॅटचे वाफेचे इंजिन

ज्यूलप्रमाणे काळजीपूर्वक मोजमापे न घेतादेखील इतर शास्त्रज्ञही या सुमारास अशाच निष्कर्षापर्यंत येऊन पोचले होते. उदाहरणार्थ, १८४२ साली ज्युलियस रॉबर्ट मेयर (१८१४-१८९४) या जर्मन डॉक्टरनेही असाच निष्कर्ष काढला होता.

ज्यूल व मेयर हे दोघेही प्रसिद्ध शास्त्रज्ञ नव्हते, म्हणून त्यांच्याकडे कोणीच फारसे लक्ष दिले नाही. १८४७ साली मात्र हेर्मान फॉन हेल्महोल्ट्झ (१८२१-१८९४) या एका महत्त्वाच्या जर्मन शास्त्रज्ञाने असाच निष्कर्ष काढल्यावर सर्वांनी त्याचे म्हणणे ऐकून घेतले.

म्हणूनच सामान्यत: हेल्महोल्ट्झने 'ऊर्जेच्या अविनाशित्वाचा नियम' (लॉ ऑफ कॉन्झर्व्हेशन ऑफ एनर्जी) शोधून काढला, असेच मानले जाते. ऊर्जेचे स्वरूप बदलले जाते किंवा ती रूपांतरित केली जाते, परंतु ती नष्ट होत नाही, म्हणजेच विश्वातील एकूण ऊर्जेचे प्रमाण अबाधित राहते, असे या नियमात सांगितले आहे. ज्यूल व मेयर यांनाही हा शोधाचे श्रेय मिळायला हवे. अर्थात, हेल्महोल्ट्झचा यातील सहभाग अधिक महत्त्वाचा आहे, कारण त्याने यापुढील एक महत्त्वाचा प्रश्न विचारला.

ऊर्जेच्या अविनाशित्वाचा नियम जर खरा असेल, तर कोणतेही कार्य झाल्यावर यासाठीची ऊर्जा कुठून आली? हा प्रश्न विचारला पाहिजे. यंत्रे चालवण्यासाठी वाफेतून ऊर्जा मिळाली असेल. वाफेत ही ऊर्जा अग्नीमधून आली असेल. अग्नीतील ऊर्जा जळणातून येते.

पण मग जळणात ही ऊर्जा कुठून येते?

लाकूड हे जर जळण असेल, तर ते वनस्पतींपासून बनते. झाडे ही ऊर्जा सूर्यप्रकाशातून घेतात व त्यातून लाकूड तयार होते. कोळसा जर सरपण असेल, तर ते कोट्यवधी वर्षांपूर्वीच्या

लाकडाचेच अवशेष आहेत; आणि ते लाकूडही सूर्यप्रकाशातील ऊर्जेमुळेच बनले होते.

खनिज तेल जर जळण म्हणून वापरले असेल, तर तेही सूक्ष्म प्राण्यांचे अवशेषच आहेत. हे सूक्ष्म प्राणी सूक्ष्म अशा वनस्पतींवर वाढले; आणि त्या सूक्ष्म वनस्पतींनी सूर्यप्रकाशातूनच ऊर्जा मिळवून आपली वाढ करून घेतली होती.

काही वेळा प्रत्यक्षात कोणतेच जळण न वापरतादेखील ऊर्जा मिळत आहे असे आपल्याला वाटते. प्रत्यक्ष ज्वलन न दिसतादेखील विजेच्या दिव्याद्वारे आपल्याला उजेड आणि उष्णता मिळते. विशेष म्हणजे, भिंतीवरील दिव्याचे बटण चालू असेल तोपर्यंत आपल्याला उजेड व उष्णता मिळतच राहते. ही ऊर्जा कुठून येते?

हिचे मूळ शोधत गेलो, तर वीज उत्पादन करणाऱ्या जनित्रापासून ही वीज येते असे दिसून येईल. आणि त्याला ऊर्जा कशी मिळते?

बहुधा जळणाद्वारेच जनित्राला ऊर्जा मिळते, असे आपल्याला दिसून येईल. यातील सरपण संपले आणि नवे घातले नाही, तर वीजनिर्मिती थांबेल आणि विजेचा दिवा बंद होईल. विजेवर चालणारी इतर उपकरणेही बंद पडतील. या सरपणातील ऊर्जादेखील सूर्यप्रकाशातूनच मिळालेली असते.

काही जनित्रे वीज उत्पादनासाठी जळण अजिबात वापरत नाहीत. एखादा धबधबा अथवा जोराने वाहणाऱ्या नद्या यांच्या पाण्यातून मिळणाऱ्या ऊर्जेद्वारे विजेचे उत्पादन केले जाते; पण ही ऊर्जा तरी कुठून येते?

नद्या व धबधब्यांना पावसाचे पाणी मिळाले नाही तर त्यांचे वाहणे थांबेल. म्हणजेच ही ऊर्जा पावसातून येते. सूर्यप्रकाशाने सागराचे पाणी गरम होते, त्यातून पावसाला ऊर्जा मिळते. पाण्याची वाफ होते, ती हवेत उंच जाऊन तिचे ढग बनतात आणि पावसाच्या

कोळसा बनविणारे जंगल

रूपाने ते पाणी परत जमिनीवर येते.

अशा तऱ्हेने पृथ्वीवरील कोणत्याही ऊर्जेचा उगम शोधताना आपण अखेर सूर्यापर्यंत जाऊन पोचतो. म्हणजे सूर्यप्रकाश हाच पृथ्वीवरील बहुतेक सर्व ऊर्जास्रोतांचा जनक आहे.

ऊर्जेच्या अविनाशित्वाचा नियम समजल्यावर, केवळ सूर्यापाशी थांबता येणार नाही, असे हेल्महोल्ट्झच्या लक्षात आले. सूर्याला ही ऊर्जा कशी मिळते? हेल्महोल्ट्झने विचारलेला हा महत्त्वाचा प्रश्न होता. सूर्य कशाने तळपतो?

सूर्य कोणत्या तरी प्रकारच्या जळणाचा बनला असेल का आणि हे जळण जळू शकेल असेही काहीतरी सूर्यात असेल का? असा पहिला प्रश्न कोणालाही पडेल. पृथ्वीवर कोळशाचा, हवेतील एक वायू- म्हणजे प्राणवायू (ऑक्सिजन)- याच्याशी संयोग होतो. या संयोगानेच कोळसा जळतो व त्यातून उजेड व उष्णता मिळते.

मग सूर्यही पूर्णपणे कोळसा व प्राणवायूचा बनला असेल का? ज्याचे वस्तुमान संपूर्ण पृथ्वीच्या वजनाच्या ३,३२,९०० पट असेल अशा एखाद्या कोळशाच्या व प्राणवायूच्या राशीची कल्पना करा. कोळसा व प्राणवायूची एवढी मोठी रास जर जळायला लागली, तर ती बराच काळ जळत राहणार नाही का?

ती जळेल, पण किती काळ? सूर्य जी प्रचंड प्रमाणात ऊर्जा, प्रकाश व उष्णता वर्षानुवर्षे देतो आहे, त्यासाठी पुरेशा वेगाने ही आग जळते आहे अशी कल्पना करा. तसा विचार केला, तर कोळशाची ही रास व प्राणवायू यांच्या संयोगाने होणारे ज्वलन १,५०० वर्षांत संपुष्टात येईल.

हे तर खरे असणे शक्य नाही. सुमारे १,५०० वर्षांपूर्वी रोमन साम्राज्याचा ऱ्हास झाला, त्यापूर्वीही कितीतरी काळ सूर्य तळपत होता हे आपल्याला माहीत आहे.

पृथ्वीवरील काही रसायनांच्या संयोगाने ऊर्जा निर्माण होते, तशीच रसायने जर सूर्यावर असतील तर मानवी संस्कृतीच्या इतक्या मोठ्या काळापर्यंत सूर्यप्रकाश मिळू शकेल अशी कोणतीच संयुगे अस्तित्वात नाहीत.

वास्तवात केवळ मानवी संस्कृती उदयास आलेल्या काळाचा विचार करून चालणार नाही. पृथ्वीतलावर माणूस अवतरण्यापूर्वीच्या खूप मोठ्या काळापूर्वीपासून सूर्य तळपत असणार.

सुमारे १७५० सालापर्यंत लोकांची अशीच कल्पना होती, की जेव्हा मानवी संस्कृती उदयास आली, तेव्हापासूनच सूर्य व पृथ्वीदेखील अस्तित्वात आले असणार. सूर्य व पृथ्वी एकूण ६००० वर्षांपासूनच अस्तित्वात असणार, असाच त्यांचा विश्वास होता; परंतु सूर्य व पृथ्वी यांचे वय त्याहून पुष्कळच अधिक असणार, असे दर्शविणारा पुरावा शास्त्रज्ञांना मिळू लागला.

हेल्महोल्ट्झच्या काळापर्यंत, पृथ्वी अब्जावधी वर्षांची तरी असणार व तेव्हापासूनच सूर्यही आता तळपतो आहे तसाच आकाशात तळपत असणार, अशी शास्त्रज्ञांना खात्री वाटू लागली होती. म्हणून हेल्महोल्ट्झला, केवळ काही हजार वर्षे टिकेल असा नव्हे, तर अब्जावधी वर्षे टिकून राहील असा ऊर्जेचा स्रोत शोधून काढणे भाग होते.

हालचालीतून निर्माण होणारी ऊर्जा अथवा गतीची ऊर्जा (एनर्जी ऑफ मोशन) हा एक विचार करण्यासारखा ऊर्जास्रोत होता.

सूर्य व पृथ्वीभोवतीच्या अवकाशात निरनिराळी द्रव्ये दर सेकंदाला अनेक मैल या गतीने सूर्याभोवती फिरत असतात. यापैकी बरेचसे धुळीचे कणच असतात. काही त्याहून जरा मोठे, खडीएवढे किंवा खडकांएवढे असतात किंवा काही क्वचित प्रसंगी मोठ्या डोंगराएवढेदेखील असू शकतात.

फिरत असणाऱ्या कोणत्याही वस्तूत ऊर्जा असते. वेगाने फिरणारा एखादा पदार्थ दुसऱ्या एखाद्या वस्तूवर आपटला, तर त्यातील गतीची ऊर्जा त्या वस्तूकडे परावर्तित होते किंवा तिचे दुसऱ्या एखाद्या स्वरूपात रूपांतर होते.

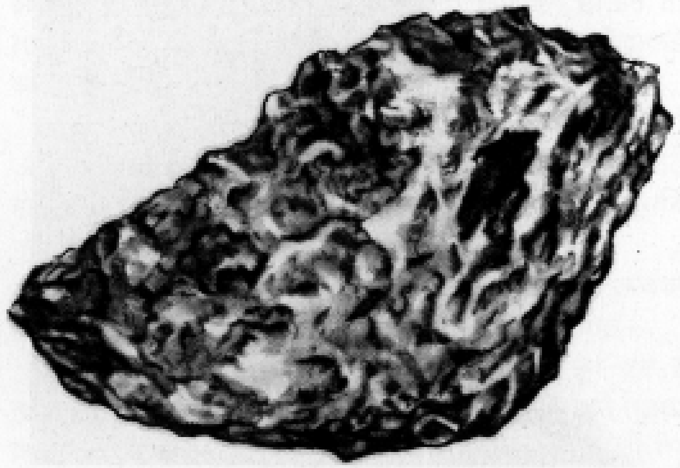
अवकाशातील हे पदार्थ कायम पृथ्वीवर आदळत असतात. सर्वात लहान असणारे धुळीचे कण हवेमुळे लगेच थोपवले जातात. तिथे ते नुसतेच तरंगत राहतात आणि सावकाशपणे कधीतरी जमिनीवर पडतात.

याहून थोडेसे मोठे तुकडे हवेतून जाताना तापतात आणि उल्का म्हणून चमकतात. सामान्यत: ते हवेत खूप उंचीवर असतानाच त्यांची वाफ होते. तथापि, काही थोडेसे तुकडे इतके मोठे असतात, की त्यांची पूर्णपणे वाफ होण्याइतका वेळच नसतो. ते जमिनीवर येऊन पोचतात आणि अशा आकाशातून पडलेल्या वस्तूंना आपण 'उल्कापाषाण' म्हणून ओळखतो.

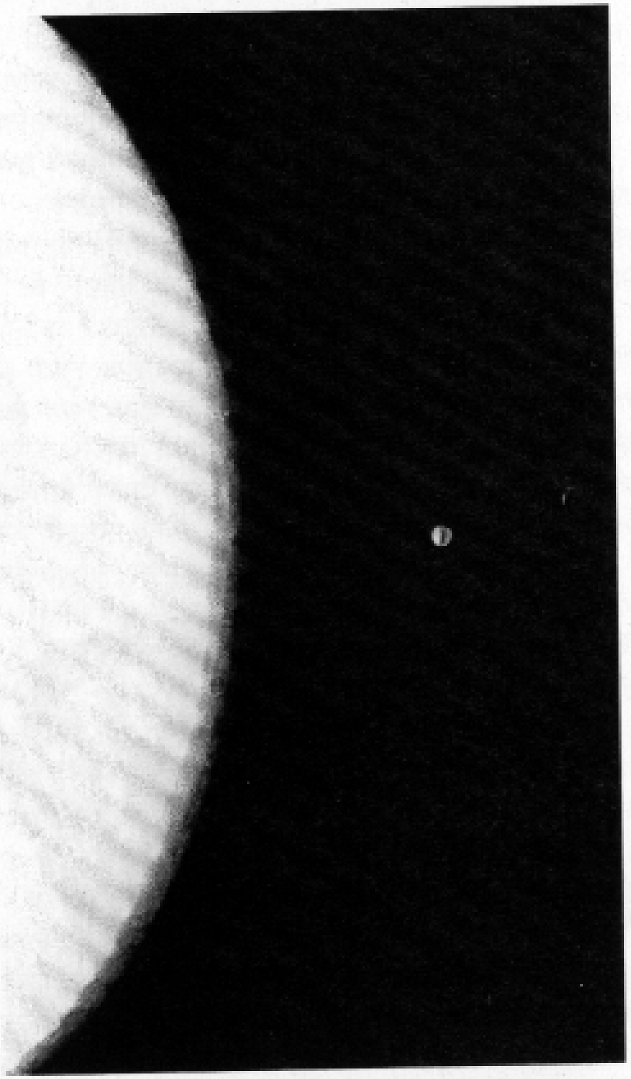
गतीने येऊन पृथ्वीवर आदळणारी प्रत्येक वस्तू ऊर्जा निर्माण करते. तरीही अशा तऱ्हेने मिळणारी ऊर्जा विचारात घेण्याइतकी नसते.

परंतु सूर्य पृथ्वीपेक्षा बराच मोठा आहे म्हणून त्याच्यावर अधिक वस्तू आदळणार. पृथ्वीपेक्षा सूर्याचे गुरुत्वाकर्षणही पुष्कळच जास्त आहे. या दोन्ही कारणांमुळे पृथ्वीपेक्षा पुष्कळच अधिक वस्तू सूर्यावर येऊन आदळत असणार.

हेल्महोल्ट्झने हिशोब केला, की जर सुमारे एक लाख अब्ज टन वजनाचे द्रव्य दर तासाला सूर्यावर येऊन आदळत असेल आणि त्या गतीच्या ऊर्जेचे रूपांतर उष्णतेत होत असेल, तर सूर्य आतासारखा तळपत राहू शकेल. यातील अडचण एवढीच आहे, की अब्जावधी वर्षांपासून दर तासाला एक लाख अब्ज टन द्रव्य सूर्यावर आदळण्यासाठी अवकाशात पुरेसे फिरणारे द्रव्य असेल असे दिसत नाही.



उल्कापाषाण



सूर्य व पृथ्वी यांचा तुलनात्मक आकार

तरीही समजा, की ते आहे अशी कल्पना केली, तर त्याचा अर्थ होईल, की सूर्याचे वस्तुमान दर तासाला एक लाख अब्ज टन इतक्या गतीने वाढत जाईल. सूर्याच्या एकूण वस्तुमानाचा विचार केला असता ते काही फार मोठे आहे असे नाही, पण ते दर तासाला वाढत जाईल. या अधिकच्या वस्तुमानामुळे सूर्याचे गुरुत्वाकर्षणही वाढत जाईल. त्यामुळे मग पृथ्वी सूर्याभोवती अधिकाधिक गतीने फिरू लागेल. म्हणजेच दर वर्षी पृथ्वीचे वर्ष आधीच्या वर्षापेक्षा दोन सेकंदानी लहान असेल.

दोन सेकंदांचा फरक म्हणजे काही फार मोठा फरक नव्हे. परंतु हेलमहोल्ट्झच्या काळीदेखील शास्त्रज्ञ चांगल्या पद्धतीने वेळ मोजू शकत होते आणि वर्ष या प्रकारे लहान होत नाही याबाबत त्यांची खात्री होती. सूर्याची ऊर्जा पदार्थांचे कण सूर्यावर आदळण्यामुळे मिळत असावी, हा सिद्धान्त त्यामुळेच टिकण्यासारखा नव्हता.

मग हेलमहोल्ट्झला आणखी एक कल्पना सुचली. समजा, आपल्या स्वत:च्याच गुरुत्वाकर्षणाने सूर्याचे आकुंचन होऊन तो लहान होत असेल तर? त्यावरील सर्व द्रव्य त्यांच्या केंद्राकडे ओढले जात असेल.

सूर्याच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे पडणाऱ्या या द्रव्याला गतीची ऊर्जा मिळत असेल व या ऊर्जेचे रूपांतर प्रकाश व उष्णतेत होऊन आपल्याला सूर्यप्रकाश दिसत असेल. या प्रकारे सूर्याचे गुरुत्वाकर्षण हाच सूर्यातील ऊर्जेचा स्रोत असेल.

अर्थातच, एकदा सूर्यावरील सर्व द्रव्य आत पडले की ऊर्जेचा हा स्रोत संपुष्टात येईल. यासाठी किती काळ जावा लागेल?

हेलमहोल्ट्झने गणित करून असे म्हटले, की सूर्य जर ३ तासांत एक इंच इतका आकुंचन पावला, तर त्याला त्यातून त्याचा प्रकाश व उष्णता टिकण्यासाठी पुरेशी ऊर्जा मिळू शकेल. तो जर तीन तासाला १ इंच इतकाच आकुंचन पावत असेल, तर आणखी

आकुंचन होऊ शकणार नाही अशी स्थिती येण्यापूर्वी अब्जावधी वर्षे जावी लागतील.

आतापर्यंतच्या संपूर्ण इतिहासकाळात त्याचे अशा रीतीने आकुंचन होत असेल, तर पूर्वी तो बराच मोठा असावा लागेल. मूळच्या मोठ्या आकारापासून आजच्या लहान आकाराशी येईपर्यंत अब्जावधी वर्षांपासून तो असाच जळत असणार.

शिवाय, सूर्याच्या आकुंचनामुळे त्याच्या एकूण वस्तुमानात भर पडणार नाही व त्यामुळे त्याच्या गुरुत्वाकर्षणातही बदल घडणार नाही. याचाच अर्थ, आपल्या वर्षाच्या कालखंडातही फरक होणार नाही.

थोडक्यात म्हणजे, ही फारच चांगली कल्पना होती आणि जवळजवळ ५० वर्षांपर्यंत खगोलशास्त्रज्ञांना हेल्महोल्ट्झची कल्पना समाधानकारक वाटली - शिवाय याखेरीज कोणतेच दुसरे स्पष्टीकरण शक्य दिसत नव्हते.

३ वय आणि वस्तुमान

हेल्महोल्ट्झची कल्पना काही सर्वांनाच पसंत पडली नाही. काही लोकांच्या मते, यानुसार पृथ्वीचे वय फारच कमी भासत होते.

धूळ व वायूच्या प्रचंड ढगातून सूर्य बनला असावा व स्वत:च्याच गुरुत्वाकर्षणामुळे त्याचे संथगतीने आकुंचन झाले असावे, अशीच हेल्महोल्ट्झच्या काळी लोकांची कल्पना होती. आकुंचन होत असताना हा ढग स्वत:भोवती गिरक्या घेत असावा आणि जसजसा तो लहान झाला तशी त्याची फिरण्याची गतीदेखील वाढत गेली असणार. या वाढत्या गतीमुळे मधून मधून काही द्रव्य कडांवरून बाहेर फेकले गेले असणार. या द्रव्यातून ग्रह बनले असणार.

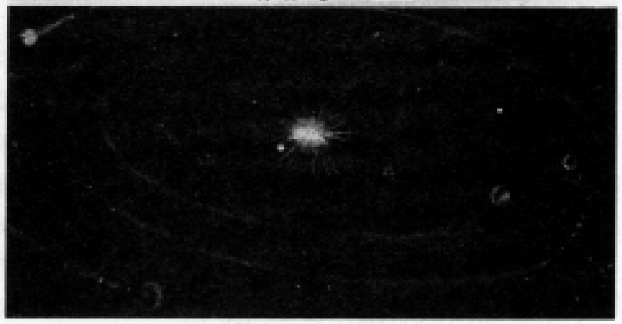
या विचारसरणीनुसार, आकुंचनाने सूर्याची रुंदी १८,६०,००,००० मैल झाल्यावर पृथ्वीची निर्मिती झाली असणार. पृथ्वीच्या सूर्याभोवतीच्या भ्रमणकक्षेची ही रुंदी आहे. त्या काळी सूर्य जर याहून मोठा असेल, तर पृथ्वीची निर्मिती सूर्याच्या आतच व्हावी लागली असती; आणि ते तर अशक्यच आहे.

पृथ्वीची निर्मिती झाली त्या काळी सूर्य जर १८ कोटी ६० लाख मैल रुंदीचा असेल, तर आजच्या ८,६५,००० मैल रुंद या आकारापर्यंत त्याचे आकुंचन होण्यासाठी किती काळ जावा लागला असेल? त्यातून आजच्याइतका प्रकाश व उष्णता मिळण्याइतक्या वेगाने आकुंचन होण्यासाठी त्याला कदाचित १० कोटी वर्षे लागली असतील.

म्हणजे, हेल्महोल्ट्झच्या सूर्याच्या आकुंचनाच्या सिद्धान्तानुसार पृथ्वीचे वय १० कोटी वर्षांहून अधिक असू शकणार नाही. विशेषत: एका शतकापूर्वी पृथ्वीचे वय ६,००० वर्षे असावे असे मानले जात असे. त्याच्याशी तुलना केली असता हा फारच मोठा काळ होता.

वायूचा ढग व इतर कचरा

हळूहळू आकुंचन झाले



सूर्य व इतर ग्रहांची निर्मिती

सूर्यमालेची निर्मिती

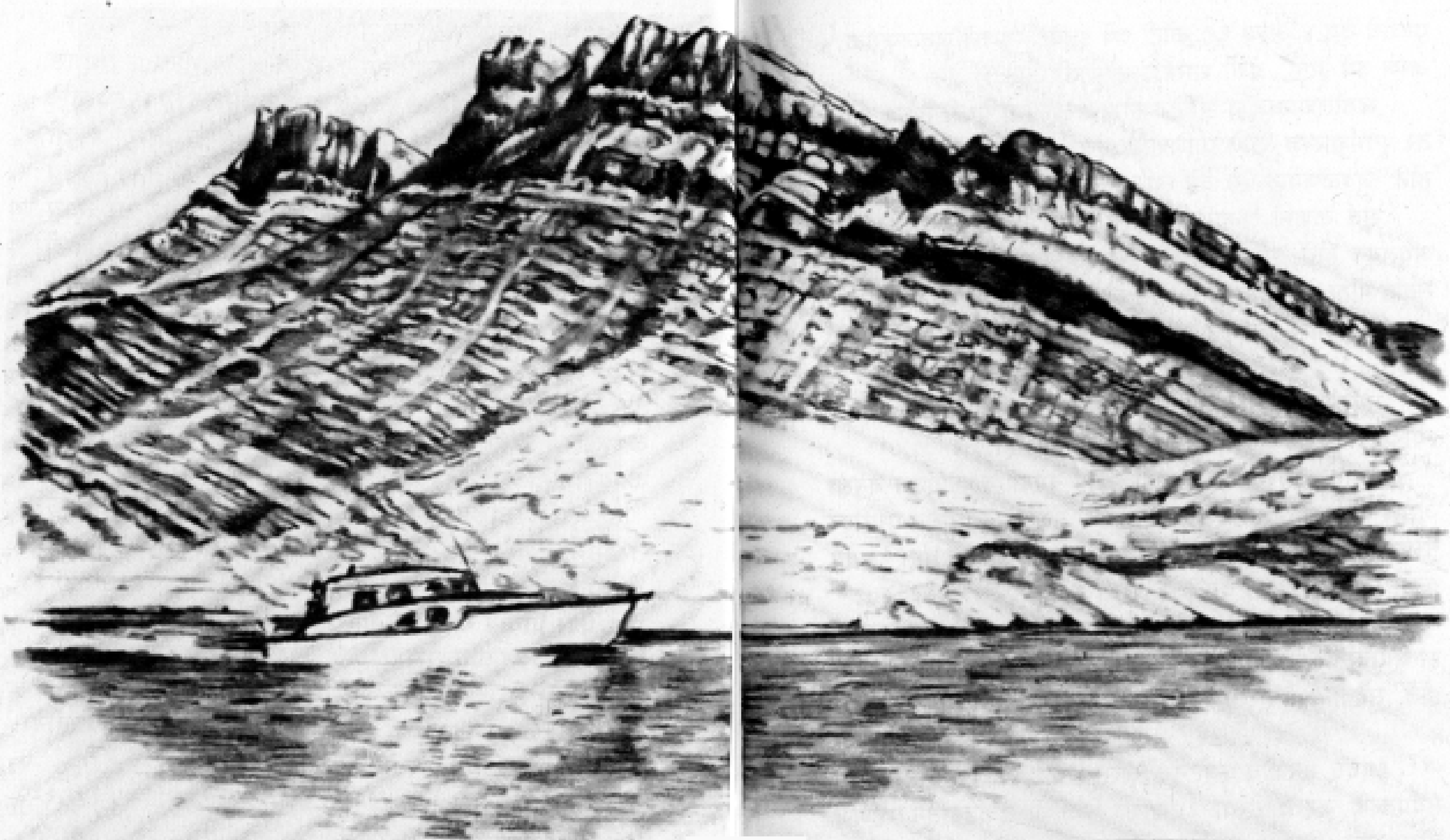
तरीही, काही लोकांच्या मते १० कोटी वर्षे पुरेशी नव्हती.

भूगर्भशास्त्रज्ञ आता पृथ्वीवरील खडकांचा तपशीलवार अभ्यास करू लागले होते. खडकांचे स्वरूप कसे बदलत गेले, ते संथगतीने कसे पुरले गेले, जमीन संथगतीने कशी वर आली अथवा खाली गेली, पर्वतांची निर्मिती कशी झाली वगैरे वगैरे. हे बदल किती संथ गतीने झाले यांचा अभ्यास करताना, खडकांचा जाड थर तयार होण्यासाठी किती काळ लागेल, किंवा पर्वत वर येण्यासाठी किती कालावधी जावा लागेल यांचेही त्यांनी गणित केले.

चार्ल्स ल्येल (१७९७-१८७५) या स्कॉटिश भूगर्भशास्त्रज्ञाने १८३० ते १८३३ च्या दरम्यान याबाबतच्या अभ्यासांवर आधारित तीन खंडांचा एक ग्रंथ प्रकाशित केला. पृथ्वीचा विकास खूप मोठ्या कालखंडात झाला असणार, १० कोटी वर्षांहून त्याला बराच अधिक काळ लागला असणार, असे त्याचे मत त्याने त्यात स्पष्टपणे मांडले.

केवळ पृथ्वीच्या खडकांतच संथगतीने बदल झाले असे नव्हे, तर सजीवांमधील बदलदेखील अत्यंत संथ गतीने घडून आले. (अशा बदलांना 'उत्क्रांती' म्हणजे 'इव्होल्युशन' असे म्हणतात.) फार फार प्राचीन काळी पृथ्वीवर असणाऱ्या वनस्पती व प्राण्यांचे काही अवशेष (जीवाश्म- फॉसिल्स) खडकांमध्ये सापडले होते. हे अवशेष आज अस्तित्वात असणाऱ्या वनस्पती व प्राण्यांसारखे नव्हते, म्हणून सजीवांमध्ये, काळ जाईल तसे अत्यंत संथगतीने बदल होत गेले, हे स्पष्टच होते.

१८५९ साली, ल्येलचा मित्र चार्ल्स रॉबर्ट डार्विन (१८०९-१८८२) या इंग्रज प्राणिशास्त्रज्ञाने सजीवांमधील बदल कसे घडत गेले याचे वर्णन करणारा एक ग्रंथ प्रकाशित केला. त्यात त्याने 'नैसर्गिक निवडीनुसार उत्क्रांतीचा सिद्धान्त' (थियरी ऑफ इव्होल्युशन बाय नॅचरल सिलेक्शन) वर्णन करून सांगितला. आतापर्यंतच्या शास्त्रीय ग्रंथांपैकी हा एक अतिशय महत्त्वाचा ग्रंथ होता. लवकरच



बहुतेक सर्व प्राणिशास्त्रज्ञांनी संथ गतीने होणाऱ्या उत्क्रांतीची कल्पना मान्य केली.

तथापि, उत्क्रांती अत्यंत संथ गतीने होते व १० कोटी वर्षे हा काळ त्यासाठी पुरेसा नाही. आज पृथ्वीवर जे प्राणी अस्तित्वात

आहेत त्यांचा विचार केला असता, पृथ्वीचे वय याहून पुष्कळच अधिक असणार.

(डार्विनच्या काळातील भूगर्भशास्त्रज्ञ व प्राणिशास्त्रज्ञ यांना पृथ्वी खरोखर किती वर्षांची आहे याची कल्पनाच नव्हती. आता

पृथ्वीचे वय ४ अब्ज ६० कोटी वर्षे इतके, म्हणजे जवळजवळ ५ अब्ज वर्षे आहे, अशी शास्त्रज्ञांना खात्री आहे.)

खगोलशास्त्रज्ञ व भौतिकशास्त्रज्ञांच्या मते पृथ्वी तरुण होती, तर भूगर्भशास्त्रज्ञ आणि प्राणिशास्त्रज्ञांच्या मते तिचे वय बरेच अधिक होते. जवळजवळ ५० वर्षे त्यांच्यातील हा वाद चालूच होता.

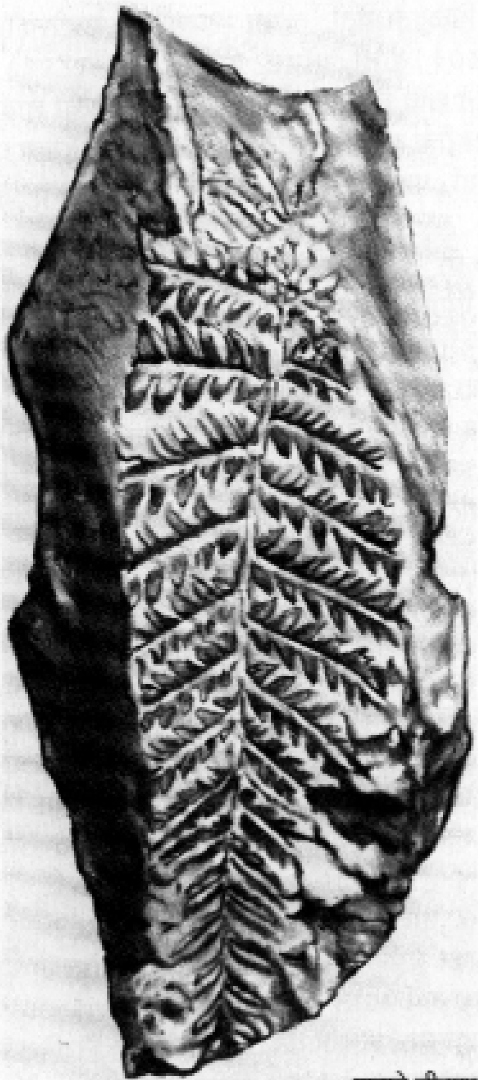
सूर्य कशाने प्रकाशित झाला आहे यावरच हे वाद अखेर अवलंबून होते. सूर्याचे आकुंचन हा आतापर्यंत माहीत असलेला सर्वात मोठा ऊर्जास्रोत होता, असे खगोलशास्त्रज्ञ व भौतिकशास्त्रज्ञांचे मत होते आणि त्यानुसार पृथ्वीचे वय फार मोठे असणे शक्य नव्हते.

सूर्याच्या आकुंचनापेक्षाही आपल्याला माहीत नसलेला एखादा त्याहून मोठा ऊर्जास्रोत असेल का?

हेल्महोल्ट्झच्या काळीदेखील सूर्य नेमका कशापासून बनला असेल याची शास्त्रज्ञांना काहीच कल्पना नव्हती. कदाचित पृथ्वीवर नसणाऱ्या एखाद्या द्रव्याचा तो बनला असेल. अशा अज्ञात द्रव्यांत कशा प्रकारची ऊर्जा दडलेली असेल हे कोण सांगणार?

सूर्यातील द्रव्याची माहिती मिळणार तरी कशी? सूर्यप्रकाश हा सूर्याचा एकच भाग असा होता, की ज्याचा अभ्यास करणे शक्य होते. सुदैवाने तो पुरेसा ठरला.

१६६६ सालीच न्यूटनने असा शोध लावला होता, की सूर्यप्रकाश जर काचेच्या एखाद्या त्रिकोणी तुकड्यातून म्हणजे लोलकातून (प्रिझम) गेला, तर तो प्रकाश वळतो व इंद्रधनुष्याच्या रंगात पसरलेला दिसतो. न्यूटनने या इंद्रधनुष्याला 'वर्णपट' (स्पेक्ट्रम) असे नाव दिले. 'भूत' या अर्थाच्या एका लॅटिन शब्दावरून हा शब्द आला आहे, कारण प्रकाश अमूर्त असतो व त्याला स्पर्श करता येत नाही किंवा शरीराला त्याचा भासही होत नाही. ज्या यंत्रातून असा


पानाचे जीवाश्म (फॉसिल)

वर्णपट मिळवता येतो, त्याला म्हणतात 'स्पेक्ट्रोस्कोप'.

१८०३ साली थॉमस यंग (१७७३-१८२९) या इंग्रज शास्त्रज्ञाने शोध लावला, की प्रकाश निरनिराळ्या लांबीच्या लहान लहान लहरींचा बनलेला असतो. प्रत्येक प्रकाशलहरीचा एक निश्चित रंग असतो, पण त्या सर्व एकमेकांत मिसळल्या तर शुभ्र प्रकाश मिळतो.

प्रकाश जेव्हा स्पेक्ट्रोस्कोपमधून जातो, तेव्हा प्रत्येक लहर वेगळ्या प्रमाणात वळते व त्यामुळेच वर्णपट मिळतो. सर्वात लांब प्रकाशलहरींचा रंग तांबडा असतो व त्या सर्वात कमी वळतात, म्हणून त्या वर्णपटाच्या एका टोकाला असतात. नारिंगी, पिवळ्या, हिरव्या व निळ्या रंगांच्या लहरी त्याहून कमी कमी लांबीच्या असतात आणि त्या अधिकाधिक वळतात. जांभळ्या रंगाच्या लहरी सर्वात कमी लांबीच्या असतात आणि त्या वर्णपटाच्या दुसऱ्या टोकाला असतात.

१८१४ साली जोसेफ फॉन फ्राऊनहॉफर (१७८७-१८२६) या जर्मन प्रकाशशास्त्रज्ञाने एक चांगल्या प्रकारचा स्पेक्ट्रोस्कोप तयार करून वर्णपटाचा काळजीपूर्वक अभ्यास केला. वर्णपटात अनेक काळ्या रंगाच्या रेषा आलेल्या पाहून त्याला आश्चर्य वाटले. सूर्यप्रकाशात ज्या लांबीच्या प्रकाशलहरी नव्हत्या त्यांच्या जागी या रेषा होत्या. वर्णपटातील त्यांच्या स्थानावरून या रेषा नेमक्या कोणत्या लांबीच्या प्रकाशलहरी दर्शवत होत्या ते ठरवणे शक्य होते.

१८५८ साली गुस्ताव्ह रॉबर्ट कर्कहफ (१८२४-१८८७) या आणखी एका जर्मन शास्त्रज्ञाने या काळ्या रेषांचा अभ्यास करून त्यांचा काय अर्थ असेल याचा विचार केला.

कर्कहफच्या काळापर्यंत, सर्व द्रव्य हे निरनिराळ्या सूक्ष्म अणूंचे बनलेले असते, हे चांगले माहीत झाले होते. प्रत्येक अणू एक

मूलभूत तत्त्व (एलेमेंट) दर्शवतो. अशी डझनावारी मूलतत्त्वे माहीत झाली होती. (आज १०६ मूलतत्त्वे माहीत आहेत.)

निरनिराळी मूलतत्त्वे तापवली असता त्यातून येणाऱ्या प्रकाशाचा कर्कहफने अभ्यास केला. प्रत्येक मूलतत्त्वातून एका विशिष्ट लांबीच्या लहरीच येतात असे त्याला आढळले. कोणत्याही दोन मूलतत्त्वांतून एकाच लांबीच्या लहरी येत नाहीत. स्पेक्ट्रोस्कोपद्वारे एखाद्या द्रव्यातून येणाऱ्या प्रकाशलहरींची नेमकी लांबी शोधून काढल्यास शास्त्रज्ञ त्या द्रव्यात कोणती मूलतत्त्वे आहेत हे सांगू शकतात. म्हणजे एखादे मूलतत्त्व ओळखण्यासाठी प्रकाशलहरी या बोटांच्या ठशाप्रमाणेच आहेत.

काही विशिष्ट परिस्थितीत तापवलेल्या द्रव्यातून सर्व लांबीच्या प्रकाशलहरी येतात; पण असा प्रकाश जर थंड माध्यमातून आला, तर काही प्रकाशलहरी शोषून घेतल्या जातात, म्हणून त्यांच्या जागी काळ्या रेषा येतात. तापवले असता ज्या लांबीच्या लहरी बाहेर पडतील, त्याच लहरी थंड माध्यमात शोषून घेतल्या जातात. म्हणून या काळ्या रेषादेखील मूलतत्त्वे ओळखण्यासाठी बोटांच्या ठशाप्रमाणेच वापरता येतात.

याचाच अर्थ, सूर्यप्रकाशाच्या वर्णपटाचा अभ्यास केल्यास, काळ्या रेषांच्या स्थानावरून, सूर्याच्या तळपत्या पृष्ठभागाभोवतीच्या वायूंमध्ये कोणकोणती मूलतत्त्वे आहेत हे आपल्याला समजून घेता येईल.

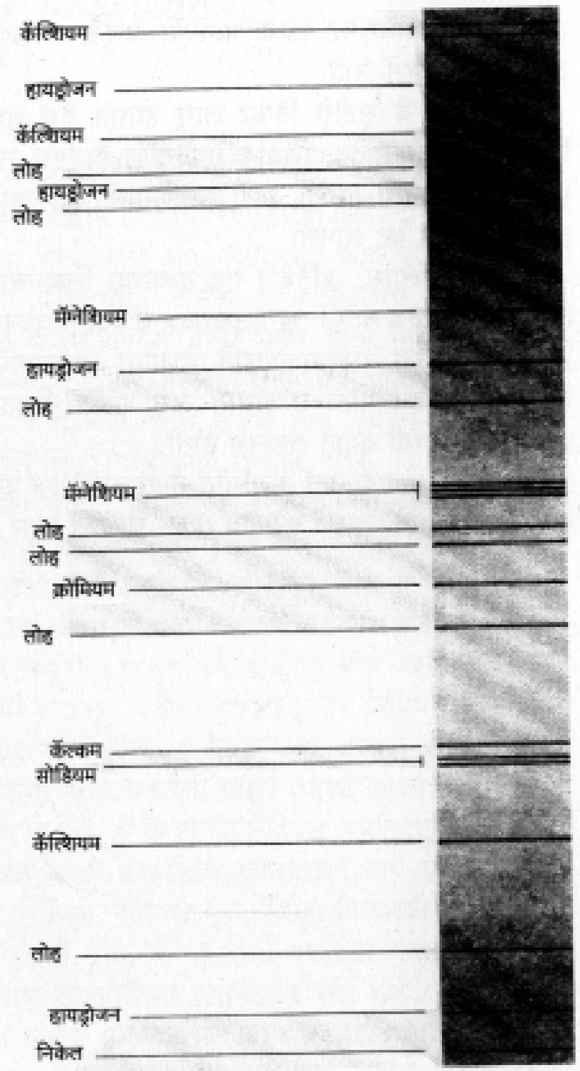
१८६२ साली अँडर्स योनास अँगस्ट्रॉम (१८१४-१८७४) या स्वीडिश पदार्थविज्ञानशास्त्रज्ञाला यात सर्वप्रथम यश लाभले. सूर्याच्या वर्णपटातील काही काळ्या रेषा या सर्वत्र सहज सापडणाऱ्या हायड्रोजन या वायूच्या होत्या.

अँगस्ट्रॉमच्या काळापासून सूर्यातील अधिकाधिक मूलतत्त्वांचा शोध लावण्यात आला आहे. तथापि, हायड्रोजन हा वायूच सर्वाधिक

अँडर्स योबास अँगस्ट्रॉम (१८१४-१८७४)

असलेला आढळून येतो. सूर्यातील एकूण द्रव्यापैकी सुमारे तीन-चतुर्थांश भाग हायड्रोजन आहे. म्हणून सर्वप्रथम हाच वायू सापडला यात आश्चर्य वाटण्यासारखे काहीच नाही. सूर्याचा उरलेला सर्व भाग हेलियम या दुसऱ्या वायूचा बनला आहे. सूर्याच्या एकूण द्रव्यापैकी सुमारे २ टक्के भागच इतर मूलतत्त्वांचा बनला आहे.

हायड्रोजनचे अणू सर्वात साधे व लहान असतात आणि हेलियमच्या अणूंचा या बाबतीत दुसरा क्रमांक लागतो. या दोन साध्या अणूंनी सूर्याचा ९८ टक्के भाग बनला आहे. इतकेच नव्हे,



सूर्यप्रकाशाच्या वर्णपटाचा एक भाग

तर संपूर्ण विश्वाचा ९८ टक्के भाग या अणूंनीच बनला असावा, असे आता मानले जाते.

पृथ्वीला जे सृष्टीचे नियम लागू होतात तेच सूर्याचेदेखील नियंत्रण करत असावेत, शिवाय सूर्यदेखील पृथ्वीवर सापडणाऱ्या मूलतत्त्वांचाच बनला असावा, अशी एकोणिसाव्या शतकाच्या अखेरीस लोकांची खात्री पटू लागली.

तसे असल्यास, अतिशय गूढ द्रव्याच्या सिद्धान्ताचा विचार करणे आता शक्य नव्हते. खगोलशास्त्रज्ञ व पदार्थविज्ञानशास्त्रज्ञांचा हा विजयच होता. गुरुत्वाकर्षणाने होणाऱ्या आकुंचनापेक्षा दुसरा कोणताच त्याहून मोठा ऊर्जास्रोत असू शकत नव्हता. म्हणजे त्याचा अर्थ, पृथ्वी वयाने लहानच होती.

आणखी एखादा नवा ऊर्जास्रोत सापडल्याखेरीज भूगर्भशास्त्रज्ञ व प्राणिशास्त्रज्ञांचे म्हणणे कोणीच ऐकून घेण्यास तयार नव्हते.

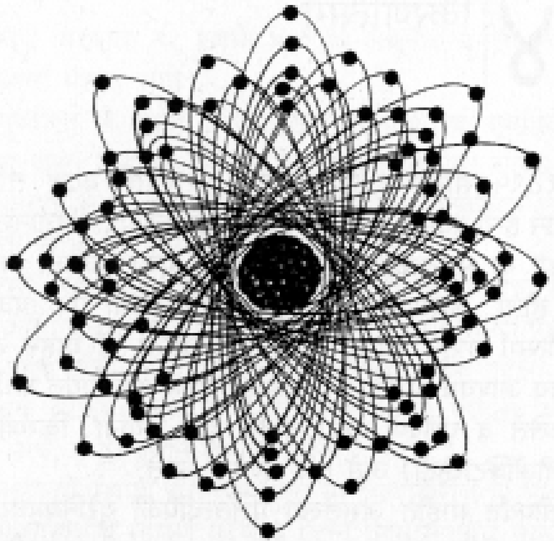
४ | किरणोत्सर्ग

१८९५ सालाच्या सुरुवातीला परिस्थिती बदलू लागली. आन्त्वान हेन्री बेकरेल (१८५२-१९०८) हा फ्रेंच पदार्थविज्ञानशास्त्रज्ञ युरेनियम या मूलतत्त्वाचे अणू असणाऱ्या एका द्रव्याचा अभ्यास करत होता. आतापर्यंत कधीच न आढळलेला एक प्रकारचा किरणोत्सर्ग यातून कायम बाहेर पडत होता, हे पाहून त्याला अतिशय आश्चर्य वाटले. युरेनियमचे गुणधर्म आतापर्यंत कधीच न आढळलेले व पूर्णपणे नव्या तऱ्हेचे होते. त्यांना 'किरणोत्सर्ग' (रेडिओॲक्टिव्हिटी) असे नाव देण्यात आले.

तोपर्यंत माहीत असलेल्या मूलतत्त्वांपैकी युरेनियमचा अणू सर्वात गुंतागुंतीचा होता. गुंतागुंतीचे अणू असणारी आणखी काही द्रव्येही किरणोत्सर्गी असल्याचे आढळून आले व शास्त्रज्ञांनी या नव्या शोधांचा काळजीपूर्वक अभ्यास करण्यास सुरुवात केली.

पियेर क्युरी (१८५९-१९०६) या फ्रेंच रसायनशास्त्रज्ञाने किरणोत्सर्गी द्रव्यातून बाहेर पडणारी ऊर्जा सर्वप्रथम मोजली. हे त्याने १९०१ साली केले; व केवळ एका अणूतून एवढ्या मोठ्या प्रमाणात ऊर्जा बाहेर पडलेली पाहून त्याला आश्चर्यच वाटले.

विशेष म्हणजे, ही ऊर्जा दिवसेंदिवस, वर्षानुवर्षे येतच राहिली आणि केवळ काही प्रकारांतच कालांतराने याचे प्रमाण किंचित कमी झाले. 'रेडियम' नावाच्या मूलतत्त्वातून मिळणारी ऊर्जा इतक्या संथ गतीने कमी होते, की १,६०० वर्षांनंतर यातून मिळणाऱ्या ऊर्जेचे प्रमाण सुरुवातीच्या प्रमाणाच्या अर्धे होते. युरेनियममधून मिळणाऱ्या ऊर्जेचे प्रमाण निम्मे होण्यासाठी ४ अब्ज ५० कोटी वर्षे लागतात, हे तर अविश्वसनीयच होते. एकाच दिवशी यातून



युरेनियमचा अणू

मिळणारी ऊर्जा जरी फारशी नसली, तरी ऊर्जा मिळण्याचे थांबण्यापूर्वी त्यातून मिळणारी एकूण ऊर्जा प्रचंड होती.

हे सर्वच कोड्यात टाकणारे होते, कारण एवढी ऊर्जा येण्यासारखी काहीच जागा यात दिसत नव्हती. किरणोत्सर्गी अणू केवळ स्वस्थ बसून ऊर्जा देतच होते! म्हणजे ऊर्जेच्या अविनाशित्वाचा नियम चुकीचाच होता का?

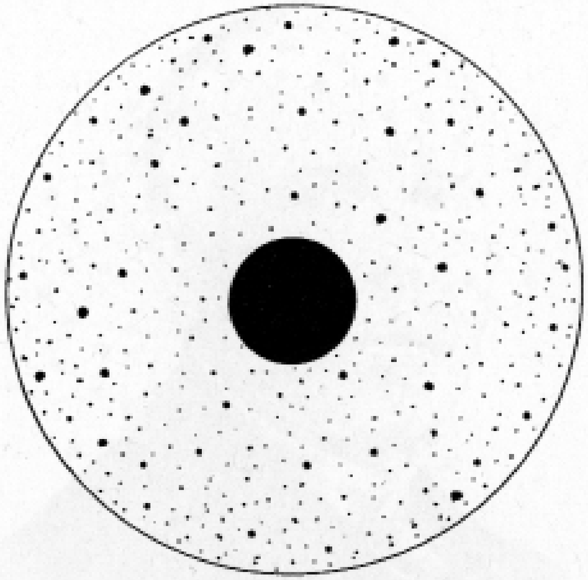
१९०५ साली आल्बर्ट आइन्स्टाईन (१८७९-१९५५) या जर्मन-स्विस पदार्थविज्ञानशास्त्रज्ञाने या उत्तराची सुरुवात शोधण्यात यश मिळवले. त्याने 'सापेक्षतावादाचा' सिद्धान्त (थिअरी ऑफ रिलेटिव्हिटी) मांडला. इतर अनेक गोष्टींबरोबरच पदार्थद्रव्य किंवा वस्तुमान हाच एक शक्तिशाली ऊर्जास्रोत आहे, असे या सिद्धान्ताने दाखवून दिले. एखाद्या लहानशा वस्तुमानाचे मोठ्या ऊर्जास्रोतात

अर्नेस्ट रदरफोर्ड (१८७१-१९३७)

परिवर्तन होऊ शकते.

सामान्य परिस्थितीत, सामान्य द्रव्यात अतिशय सूक्ष्म वस्तुमानाचे परिवर्तन होते व सामान्य प्रमाणातच ऊर्जा तयार होते. किरणोत्सर्गी अणूंमध्ये मोठ्या प्रमाणातील वस्तुमानाचा ऱ्हास होतो व बरीच अधिक ऊर्जा तयार होते.

परंतु किरणोत्सर्गी पदार्थात अधिक वस्तुमानाचे परिवर्तन ऊर्जेत



रदरफोर्डच्या दृष्टिकोनातून दिसलेला अणू

का होते? नव्या दृष्टिकोनातून अणूंकडे पाहिल्यावर याचे उत्तर मिळाले.

अणू हे अस्तित्वात असणारे सर्वात लहान कण आहेत असेच एकोणिसाव्या शतकात मानले जात असे. त्याहून लहान काहीच असू शकणार नाही.

किरणोत्सर्गी पदार्थातून निघणारा किरणोत्सर्ग अणूंहूनही लहान कणांचा असल्याचे दिसून आले. हे कण अणूंहूनही लहान असे परमाणू (सब ॲटॉमिक पार्टिकल्स) होते. अणूंहून लहान असे कण अस्तित्वात असतील, तर कदाचित आपल्या आजूबाजूची द्रव्येदेखील अणूंपेक्षा लहान असणाऱ्या सूक्ष्म कणांची बनली असतील.

अर्नेस्ट रदरफोर्ड (१८७१-१९३७) या इंग्रज पदार्थविज्ञान-

शास्त्रज्ञाने सामान्य अणूंवर किरणोत्सर्गी द्रव्यातून बाहेर पडणाऱ्या परमाणूंचा मारा केला. यापैकी काही कण मारा केल्या जाणाऱ्या अणूंतून आरपार गेले, पण काही मात्र कोणत्याही दिशांना उसळले.

जे काही थोडे परमाणू उसळले त्यावरून व त्यांच्या उसळण्याच्या दिशेवरून रदरफोर्डने १९११ साली असे दाखवून दिले, की अणूचे वस्तुमान हे अणूच्या केंद्रस्थानी, एका चिमुकल्या 'गाभ्या'त (न्युक्लियस) एकवटलेले असते.

या चिमुकल्या गाभ्याभोवती 'इलेक्ट्रॉन' नावाचे कण अणूत भरलेले असतात. इलेक्ट्रॉनचे वस्तुमान अगदीच कमी असते.

सरपण जाळण्यासारख्या सर्वसामान्य रासायनिक बदलात अणूंतील इलेक्ट्रॉनची फेररचना होते. त्यांच्या लहानशा आकारामुळे त्यांच्यातील थोड्याशाच वस्तुमानाचा ऱ्हास होतो व थोडीशीच ऊर्जा निर्माण होते- याची आपल्याला सवय आहे.

याउलट, किरणोत्सर्गी द्रव्यात ही फेररचना गाभ्याच्या आतच होते. या कणांचे (प्रोटॉन्स व न्यूट्रॉन्स) वस्तुमान इलेक्ट्रॉन्सच्या तुलनेत सुमारे २००० पट अधिक असते. फेररचना होताना म्हणूनच त्यांच्या वस्तुमानाचा मोठ्या प्रमाणावर ऱ्हास होतो व इलेक्ट्रॉन्सच्या तुलनेत मोठ्या प्रमाणावर ऊर्जा निर्माण होते.

दुसऱ्या शब्दात सांगायचे तर, किरणोत्सर्गाचा अणुशक्तीशी संबंध असतो.

अणुऊर्जा हा ऊर्जेचा प्रचंड स्रोत आहे; पण हा बहुतांशी अणूच्या गाभ्यात असतो आणि तिथेच राहतो म्हणून लोकांना याची माहितीच नव्हती. योगायोगानेच किरणोत्सर्गाचा जेव्हा शोध लागला, तेव्हाच अणुशक्तीचे अस्तित्व समजून आले.

तथापि, एकदा ते माहीत झाल्यावर, अणुशक्ती हा सूर्यप्रकाशाचा ऊर्जास्रोत असेल असे लोकांच्या लगेच लक्षात आले. सूर्य जर किरणोत्सर्गी असेल, तर त्यातून प्रचंड प्रमाणात ऊर्जा

निर्माण होईल. शिवाय ही ऊर्जा इतक्या संथ गतीने बाहेर पडेल, की सूर्याचा स्फोट होणार नाही. त्याऐवजी ही ऊर्जा संथ व नियमित गतीने निर्माण होईल; ती अब्जावधी वर्षांपासून निर्माण होत असेल आणि भविष्यातही अब्जावधी वर्षांपर्यंत होतच राहील. हे आदर्श उत्तर दिसत होते.

यात एकच अडचण होती. सुरुवातीला खूप गुंतागुंतीचे अणू असणाऱ्या काही थोड्या मूलद्रव्यांतच किरणोत्सर्ग आढळला होता. सूर्यात असे अणू असल्यास ते अगदीच कमी प्रमाणात असणार.

सूर्याच्या ऊर्जेपैकी सूक्ष्म प्रमाणच या किरणोत्सर्गी द्रव्यातून मिळणाऱ्या ऊर्जेचे असणार, कारण सूर्यात पुरेसे किरणोत्सर्गी अणू नाहीत. किरणोत्सर्ग ही जरी आदर्श परिस्थिती असली, तरी ते 'निश्चित उत्तर' नव्हते.

५ | एकत्रीकरण

निसर्गात अस्तित्वात असणारा किरणोत्सर्ग हा अणुशक्तीतील एकमेव बदल नाही, असे लवकरच समजून आले. मानव इतर प्रकारचे आण्विक बदल घडवू शकतात. रदरफोर्डने १९१९ साली असा पहिला बदल घडवून दाखवला.

नायट्रोजन वायूच्या अणूंवर त्याने किरणोत्सर्गी द्रव्याच्या परमाणूंचा मारा केला. यातील काही कण नायट्रोजनच्या काही गाभ्यांवर आदळले व अणूंच्या कणांची रचना बदलली. त्यामुळे ते प्राणवायूचे अणू बनले.

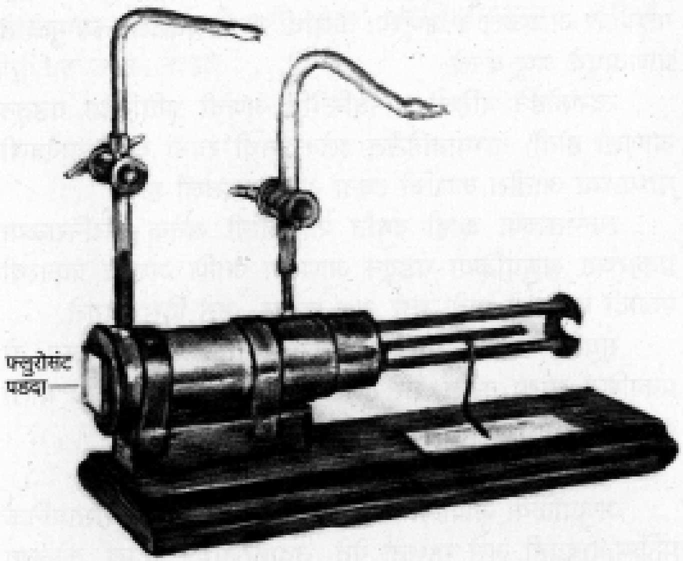
रदरफोर्डने पहिली मानवनिर्मित अणूंची प्रतिक्रिया घडवून आणली होती. गाभ्याबाहेरील इलेक्ट्रॉनची रचना बदलण्याऐवजी गाभ्याच्या आतील कणांची रचना आता बदलली होती.

त्यानंतरच्या काही वर्षांत शास्त्रज्ञांनी अनेक निरनिराळ्या प्रकारच्या अणुप्रक्रिया घडवून आणल्या आणि अशाच प्रकारची एखादी घटना हे याचे उत्तर असू शकेल, असे दिसू लागले.

सूर्याला जर नेहमीच्या किरणोत्सर्गातून ऊर्जा मिळून तो प्रकाशित झाला नसेल, तर दुसरी एखादी अणूंची प्रक्रिया याला कारणीभूत असू शकेल.

यातही एक अडचण होतीच.

अणुप्रक्रिया आपोआप घडत नाहीत. काही वेळा रासायनिक प्रक्रियांबाबतही असे म्हणता येते. उदाहरणार्थ- पेट्रोल, कोळसा किंवा लाकूड हवेत नुसते ठेवल्याने जळत नाही; परंतु त्यांना जर उष्णता दिली तर मात्र रासायनिक प्रक्रिया लगेच सुरू होऊ शकते. या जळणाला जर पेटती काडी लावली किंवा दुसऱ्या एखाद्या



नायट्रोजनच्या अणूचा गाभा फोडण्यासाठी रदरफोर्डने बनविलेले यंत्र.

मार्गाने त्याचे तापमान वाढवले, तर ते जळू लागते.

अणूंची प्रक्रिया अशी नसते. अणू तापवल्याने ही क्रिया सुरू होत नाही. सूर्याच्या पृष्ठभागाचे तापमान सुमारे १०,००० अंश फॅरनहाइट इतके असते. पण त्या तापमानालादेखील प्रक्रिया सुरू होणार नाही, अशी शास्त्रज्ञांची खात्री होती.

अणूंची प्रतिक्रिया सुरू होण्यासाठी अणूंच्या गाभ्यावर परमाणूंचा मारा करणे, या एकाच मार्गाने आपण अणूंची प्रतिक्रिया सुरू करू शकतो. गाभ्यातून ऊर्जा बाहेर पडते; पण परमाणूंचा मारा करण्यासाठी जेवढी ऊर्जा वापरावी लागते त्याच्या लहानसा अंशच ऊर्जा निर्माण होते, कारण बरेचसे परमाणू गाभ्यावर आदळतच नाहीत. याचा अर्थ, अणूंची प्रतिक्रिया सुरू होण्यासाठी जेवढी ऊर्जा खर्ची पडते त्याहून अगदी थोडीशीच ऊर्जा त्यापासून निर्माण होते.

शिवाय बहुतेक सर्व आण्विक प्रक्रिया ज्या मूलतत्त्वांत होतात, ती सूर्यावर अगदीच अल्प प्रमाणात उपलब्ध आहेत. बहुतेक सर्व आण्विक प्रक्रियांमधून बरीचशी ऊर्जा निर्माण होत असली, तरी ती सूर्याला पुरेशी नाही.

१९१५ साली, विल्यम ड्रेपर हार्किन्स (१८७३-१९५१) या अमेरिकन रसायनशास्त्रज्ञाने असे निदर्शनास आणले, की हायड्रोजनचे चार गाभे एकमेकांवर खूप जोरात ढकलले असता ते एकमेकाला चिकटतात व त्यातून हेलियमचा गाभा तयार होतो. म्हणजेच, हायड्रोजनच्या गाभ्याचे 'एकत्रीकरण' होऊन त्यातून हेलियमचा गाभा बनतो. ज्या प्रक्रियेत अनेक छोटे गाभे एकत्र येऊन एक मोठा गाभा बनतो, त्या प्रक्रियेला 'अणूंचे एकत्रीकरण' (न्युक्लियर फ्युजन) असे म्हणतात. यात हायड्रोजनचा संबंध असल्यास, त्यास 'हायड्रोजनचे एकत्रीकरण' असे नाव देतात.

त्यानंतरच्या काही वर्षांत, अणूंच्या प्रतिक्रियांबाबत पुरेशी

माहिती मिळाल्यावर, हायड्रोजनच्या एकत्रीकरणातून मिळणारी ऊर्जा ही त्यांना माहीत असणाऱ्या दुसऱ्या कोणत्याही प्रतिक्रियेपेक्षा अधिक असते, हे शास्त्रज्ञांना कळून चुकले. सूर्य मुख्यत्वेकरून हायड्रोजनचा बनला आहे हे तर माहीत होतेच.

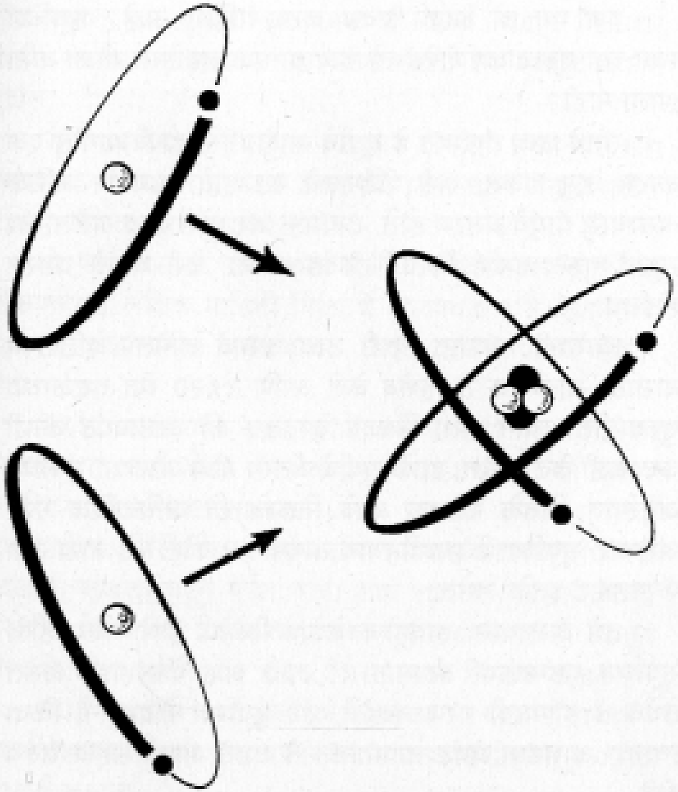
जर एखाद्या आण्विक प्रक्रियेमुळे सूर्य तळपत असेल, तर त्यात हायड्रोजनचा संबंध असणारच. त्याचप्रमाणे, सूर्यावर इतक्या मोठ्या प्रमाणावर हेलियम आहे याचे कारणही, सूर्याच्या अस्तित्वापासून इतक्या वर्षांत तो हायड्रोजनच्या एकत्रीकरणातून तयार झाला असावा हेच असणार. गणितावरून असेही समजून आले, की आजच्याप्रमाणेच तळपत राहण्यासाठी अब्जावधी वर्षे पुरेल इतका हायड्रोजन सूर्यावर उपलब्ध आहे.

अजूनही यात एक अडचण शिल्लक होतीच. हायड्रोजनच्या चिमुकल्या गाभ्याचे एकत्रीकरण होण्यासाठी त्यांना प्रचंड शक्तीने एकमेकांकडे ढकलणे आवश्यक होते. तापमान वाढवले असता, गाभ्याच्या प्रवासाचा वेग वाढेल व ते एकमेकांवर प्रचंड वेगाने आदळतील आणि त्यातून ही शक्ती मिळेल अशीच कोणीही कल्पना करेल. तथापि, सूर्याच्या पृष्ठभागावरील काही सहस्र अंश हे तापमान त्यासाठी पुरणार नाही, तर ते कोट्यवधी अंश असावे लागेल.

म्हणजे हायड्रोजनचे एकत्रीकरणदेखील समाधानकारक उत्तर देऊ शकत नाही.

दरम्यानच्या काळात आर्थर स्टॅन्ली एडिंग्टन (१८८२-१९४४) हा इंग्रज खगोलशास्त्रज्ञ सूर्याच्या अंतरंगाच्या रचनेचा विचार करत होता.

सूर्य हा एक वायूचा प्रचंड गोळा असणे शक्य होते. सूर्याचा ९८ टक्के भाग ज्या हायड्रोजन व हेलियमचा बनला होता, ते



सूर्यातील एकत्रीकरण : हायड्रोजनचे दोन अणू एकत्र येण्याने हेलियमचा अणू तयार होते.

दोन्ही वायूच होते. सूर्याच्या बाहेरच्या थरांच्या वजनाने अंतरंगातील वायू दाबले जाऊन बहुधा घन स्वरूपातच असतील. तसे झाल्यास, त्या दबावाने सूर्य एक लहान गोळा बनला असता. आता आहे तसा त्याचा आकार प्रचंड राहिला नसता.

पण मग तो इतका प्रचंड कसा राहिला आहे? सूर्याच्या स्वत:च्या गुरुत्वाकर्षणानेच तो द्रव्याचा एक लहानसा गोळा कसा झाला नाही?

त्याचे उच्च तापमान हे सूर्याचे आकुंचन न होण्यामागील एक कारण असू शकेल, असे एडिंग्टनचे मत होते. तापमान अधिक असल्यास वायूंचे प्रसरण होते. तापमान जर पुरेसे उच्च असेल, तर सूर्याचे गुरुत्वाकर्षण कितीही प्रचंड असले, तरी वायूंचे प्रसरण होईलच.

त्यासाठी तापमान किती उच्च असावे लागेल? एडिंग्टनने यासाठी आवश्यक ते हिशेब केले आणि १९२० च्या दशकाच्या सुरुवातीला त्याने असा निष्कर्ष काढला, की आतापर्यंत कोणी कल्पनाही केली नसेल, इतके सूर्याचे अंतरंग गरम असणार. सूर्याच्या अंतरंगात जितके खोलवर जावे तितका तो अधिकधिक गरम असणार. सूर्याच्या केंद्रभागी त्याचे तापमान २ कोटी ५० लाख अंश फॅरनहाइट इतके असेल.

तसे असल्यास, हायड्रोजनचे एकत्रीकरण होणे शक्य होते. सूर्याच्या पृष्ठभागावर तापमान १०,००० अंश फॅरनहाइट असेल तेथेच ते होण्याची गरज नव्हती, तर सूर्याच्या केंद्रस्थानी किंवा त्याच्या आसपास प्रचंड तापमानात ते घडत असणे सहज शक्य होते.

सूर्याच्या अंतरंगातील प्रचंड तापमानात अणू फुटत असतील. त्यातून इलेक्ट्रॉन्स बाहेर पडून केंद्रातील गाभे उघडे पडत असतील. आता अणू अखंड नसल्याने हे गाभे अधिक जवळ येऊ शकत

असतील. उष्णतेमुळे हे गाभे एकमेकांवर बऱ्याच वेळा आदळत असतील आणि एकत्रीकरण शक्य होत असेल.

तथापि, केंद्रस्थानी एकत्रीकरण होत असेल एवढेच म्हणणे पुरेसे नव्हते. ते किती जलद गतीने होत असेल? ते जर संथ गतीने होत असेल, तर सूर्याला आवश्यक ती ऊर्जा त्यातून मिळणार नाही. ते जर अतिशय जलद गतीने झाले, तर सूर्याचा स्फोट होईल.

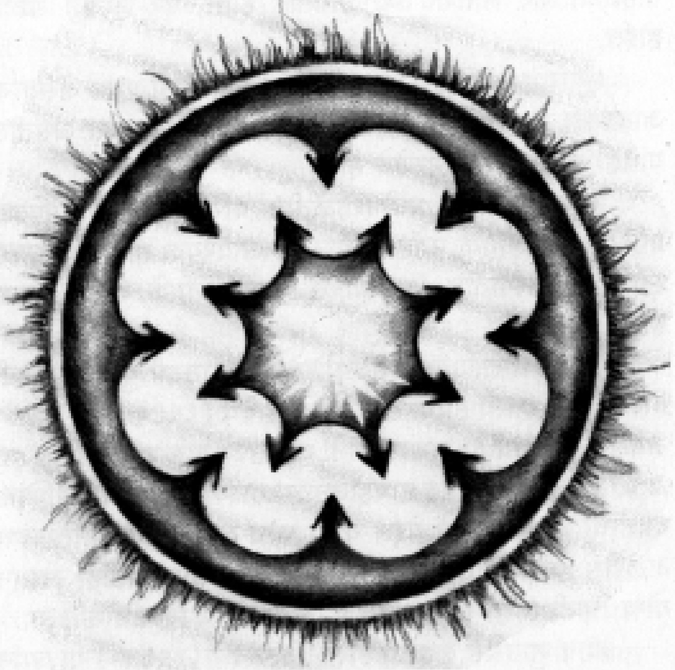
सूर्याच्या केंद्रस्थानी तापमान व दाब दोन्हीही प्रचंड असताना आवश्यक ते आण्विक बदल कोणत्या गतीने घडून येत असतील यांचेही गणित करणे गरजेचे होते.

ते करण्यासाठी प्रयोगशाळेतील परिस्थितीतील आण्विक प्रक्रियांबद्दल अधिक माहिती मिळवणे आवश्यक होते. त्यानंतरच सूर्याच्या अंतरंगातील बदलांबाबत काही वर्तवणे शक्य होणार होते.

१९३८ सालापर्यंत अशी गणिते करण्यासाठी पुरेशी माहिती मिळवण्यात आली होती. हॅन्स ॲल्ब्रेश्ट बेथ (१९०६-) या जर्मन-अमेरिकन पदार्थविज्ञानशास्त्रज्ञाने याचा अभ्यास करून सूर्याच्या अंतरंगातील परिस्थितीत हायड्रोजनच्या गाभ्यात कोणत्या आण्विक बदलांची शृंखला घडून येईल याचा शोध लावला. या मालिकेच्या अखेरीस हेलियमची निर्मिती होईल व सूर्यप्रकाशासाठीही त्यातून योग्य तेवढी ऊर्जा निर्माण होईल, असा त्याने निष्कर्ष काढला.

त्याच सुमारास कार्ल फ्रेडरिक विट्सेकर (१९१२-) या जर्मन पदार्थविज्ञानशास्त्रज्ञाने याच प्रकारच्या आपल्या संशोधनातून असेच निष्कर्ष काढले.

अखेर या समस्येचे उत्तर सापडले होते. सूर्याच्या प्रकाशाचे कारण म्हणजे हायड्रोजनचे एकत्रीकरण हेच होय, असा शास्त्रज्ञांना शोध लागला होता.



सूर्याच्या अंतरंगातील दबावामुळे गुरुत्वाकर्षणाचा समतोल राखला जातो.

हायड्रोजनचे एकत्रीकरणही कायम टिकून राहात नाही. सूर्य सुमारे ५ अब्ज वर्षांपासून प्रकाश देत आहे आणि तरीही त्यात अजून भरपूर हायड्रोजन शिल्लक आहे. अखेर कदाचित आणखी ५ अब्ज वर्षांनी त्यातील हायड्रोजनचा साठा कमी होईल व त्यातून जे बदल घडून येतील त्यामुळे पृथ्वीवर जीवन अशक्य होईल, पण ती भविष्यातील फार पुढची गोष्ट आहे. आताच त्याची काळजी करण्याचे कारण नाही.

एका गोष्टीचे मात्र अजूनही कोडे आहे.

सूर्याच्या केंद्रस्थानी ज्या प्रकारचे बदल होऊन हायड्रोजनपासून हेलियमची निर्मिती होते, त्यातूनच 'न्युट्रिनो' नावाचे अतिसूक्ष्म कणही निर्माण होतात. हे न्युट्रिनो कण इतके लहान असतात, की त्यांना जवळजवळ काहीच वस्तुमान नसते आणि कोणत्याही द्रव्याचा त्यांच्यावर काहीच परिणाम होत नाही.

सूर्याच्या केंद्रात या न्युट्रिनो कणांची निर्मिती झाल्याबरोबर ते प्रकाशकिरणांच्या वेगाने आपला प्रवास सुरू करतात व काहीच अडथळा नसल्याप्रमाणे कोणत्याही द्रव्यातून आरपार निघून जातात. ते सर्व दिशांनी निघून २.३ सेकंदात सूर्याच्या पृष्ठभागावर पोचतात. मग ते अवकाशात निघून जातात. जे पृथ्वीच्या दिशेने जात असतील ते ८ मिनिटांनी पृथ्वीवर पोचतात व संपूर्ण पृथ्वी ओलांडून (किंवा आपण त्यांच्या वाटेत आलो, तर आपल्यामधूनही) पलीकडे निघून जातात.

अनेक हजार अब्ज न्युट्रिनोंपैकी केवळ काहीच एखाद्या अणूच्या गाभ्याने अडवले जातात. फ्रेडरिक रेन्स (१९१८-) हा अमेरिकन पदार्थविज्ञानशास्त्रज्ञ पृथ्वीवर अशा प्रक्रियांमधून निघालेले न्युट्रिनो कण शोधणाऱ्या जगातील पहिल्या शास्त्रज्ञांपैकी एक होता. त्यानंतर, सूर्यातील प्रक्रियेतून निघालेले असे कण शोधता येतील का, याचा

तो विचार करू लागला.

एका निकामी झालेल्या खाणीत एक मैल खोलीवर त्याने न्युट्रिनो कण शोधण्याची यंत्रणा बसवली. इतर प्रकारचे कण इतक्या खोलीवर जमीन व खडक पार करून जात नाहीत, याच कारणासाठी त्याने अशी खोलवरची जागा निवडली होती. म्हणजे आता जे कण सापडतील ते न्युट्रिनो कणच असतील.

रेन्सने अतिशय संवेदनशील यंत्रणा वापरली होती, तरीही अगदी थोडेसेच असे कण मिळतील याची त्याला कल्पना होती. त्याला नेमके किती मिळायला हवेत याचाही त्याने गणिते करून अंदाज बांधला होता. आणि आश्चर्य म्हणजे, त्याच्या अपेक्षेपेक्षाही कमी न्युट्रिनो कण त्याला सापडले. त्याच्या अपेक्षेच्या सुमारे एक-तृतीयांश कणच मिळाले.

त्याने त्याची यंत्रसामग्री व त्याच्या गणितांचा परत एकदा अभ्यास केला. त्यात काहीच दोष नव्हता. न्युट्रिनो कण मात्र अपेक्षेपेक्षा कमीच होते. अनेक वर्षे हे असेच चालू आहे आणि न्युट्रिनो नेहमी कमीच मिळत आले आहेत.

काही शास्त्रज्ञ याला 'हरवलेल्या न्युट्रिनोंचे रहस्य' असेच म्हणतात; आणि आजतागायत यामागील कारण उलगडलेले नाही.

हायड्रोजनच्या एकत्रीकरणानेच सूर्यप्रकाशाची निर्मिती होते याबाबत आता काहीच शंका नाही; परंतु सूर्याच्या केंद्रातील अणूंच्या प्रतिक्रियेबाबतचे काही तपशील किंवा न्युट्रिनो कण यांच्याबाबतचे काही प्रश्न अद्यापही अनुत्तरितच आहेत.

समाधानकारक उत्तरे मिळेपर्यंत शास्त्रज्ञ या प्रश्नांचा विचार करतच राहतील व त्यांचे प्रयोगही चालूच असतील. मग, सूर्य कशा प्रकारे प्रकाश देतो, हे त्यांना आतापेक्षाही अधिक नेमकेपणाने माहीत झाले असेल.